

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**

**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко  
(підпис)

“ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу  
**на тему:** Модернізація холодильної частини картоноробної машини.

**Комплексний**

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51**

Коваленко Сергій Павлович

**Керівник проекту** професор, канд. техн. наук, В. М. Марчевський  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Консультанти:**

**з охорони праці**

доцент, канд. техн. наук, І. М. Ковтун  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**з економіки**

ст. викладач, канд. техн. наук, О. А. Новохат  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ С. П. Коваленко

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**Освітній ступінь:** бакалавр

**Напрямок підготовки:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Коваленку Сергію Павловичу

**1. Тема проекту:** Модернізація холодильної частини картоноробної машини.

Керівник проекту кандидат технічних наук, професор Марчевський В. М.

Затверджена наказом по університету від “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** швидкість машини – 8,3 м/с, обрізна ширина картонного полотна – 4,2 м, початкова температура картону – 100 °С, маса 1 м<sup>2</sup> картону – 0,195 кг/м<sup>2</sup>.

**4. Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: обґрунтувати вибір циліндра холодильного, розглянути існуючі конструкції холодильних циліндрів, проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та

надійність конструкції: параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції, виконати складальне креслення циліндра холодильного та його основних складальних одиниць і деталей; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності конструкції до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації холодильної частини;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації холодильної частини;

г) економічна частина: обґрунтувати модернізацію конструкції та оцінити її ефективність.

#### **5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових**

**креслеників, плакатів, презентацій тощо):** кресленик складальний: модернізація холодильної частини картоноробної машини – А1, установка циліндра холодильного – А1, циліндр холодильний – А1, сітконатяжка – А1; цапфа привідна – А3, цапфа лицьова – А3.

#### **6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Економіка	Новохат О. А.		

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту	16.04.19	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації ( на основі зміни конструкції)	18.04.19	
3	Опис конструкції. Вибір і опис конструкції холодильної частини КРМ. Технічна характеристика. Вибір матеріалів.	19.04.19	
4	Параметричний розрахунок.	22.04.19	
5	Розробка складальних креслень.	24.04.19	
6	Розрахунки на міцність і жорсткість. Розробка алгоритмів та програм розрахунку	26.04.19	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.19	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	20.05.19	
9	Розробка вимог до холодильної частини з питань охорони праці	22.05.19	

1	2	3	4
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	30.06.19	
11	Попередній захист проекту	01.06.19	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.19	

**Судент**

\_\_\_\_\_С.П.Коваленко  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_В.М.Марчевський  
(підпис)

## Реферат

УДК 676.056.712

Модернізація холодильної частини картоноробної машини з розробленням холодильного циліндра: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” за спеціальністю 6.050503 «Обладнання лісового комплексу» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник - В. М. Марчевський – К., 2019. – 106 с.: іл. – Виконавець - С. П. Коваленко – Бібліогр.: с. 74.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань і чотирьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 106 с. основного тексту, 16 рисунків, 10 таблиць

Проект містить описи процесу охолодження паперу і конструкції холодильної частини.

Мета проекту - модернізація холодильної частини з розробленням холодильного циліндра.

Поставлена мета досягається шляхом інтенсифікації процесу тепловіддачі від полотна до зовнішньої поверхні циліндра та від внутрішньої поверхні циліндра до холодної води, заміни сукна на сітку, зменшення навантаження на цапфи та підшипники. В роботі здійснено розрахунок основних елементів холодильної частини картоноробної машини. Здійснено аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури, патентний пошук та порівняння розробленої конструкції з аналогами.

Результати проекту можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних та нафтопереробних виробництв.

КАРТОНОРОБНА МАШИНА, ХОЛОДИЛЬНА ЧАСТИНА,  
ХОЛОДИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР, КАРТОН.

## Реферат

УДК 676.056.712

Модернизация холодильной части картоноделательной машины с разработкой холодильного цилиндра: Дипломный проект образовательного уровня "бакалавр" по специальности 6.050503 «Оборудование лесного комплекса» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель - В. М. Марчевский - М., 2019. - 106 с. : ил. - Исполнитель - С. П. Коваленко – Библиогр. : с. 74.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 разделов, заключения, списка ссылок и четырех приложений. Общий объем работы составляет 106 с. основного текста, 16 рисунков, 10 таблиц.

Проект содержит описания процесса охлаждения бумаги и конструкции холодильной части.

Цель проекта - модернизация холодильной части с разработкой холодильного цилиндра.

Поставленная цель достигается путем интенсификации процесса теплоотдачи от полотна к внешней поверхности цилиндра и от внутренней поверхности цилиндра к холодной воде, замены сукна на сетку, уменьшения нагрузки на цапфы и подшипники. В работе произведен расчет основных элементов холодильной части картоноделательной машины. Осуществлен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы, патентный поиск и сравнение разработанной конструкции с аналогами.

Результаты проекта могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ХОЛОДИЛЬНАЯ ЧАСТЬ, ХОЛОДИЛЬНЫЙ ЦИЛИНДР, КАРТОН.

## Abstract

UDC 676.056.712

Modernization of refrigeration part of cardboard machine with the development of refrigeration cylinder: Diploma project of educational qualification level "Bachelor" on the specialty 6.050503 "Equipment of forest complex" / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific Supervisor - V.M. Marchevsky - K., 2019. - 106 p.: Developer - S.P.Kovalenko – References: 74 p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, conclusions, a list of references and four appendices. The total volume of work is 106 pages of the main text, 16 illustrations, 10 tables.

The project contains descriptions of the paper cooling process and the design of the refrigerator.

The objective of the project is the modernization of a refrigeration unit with the development of a refrigeration cylinder.

The objective is achieved by intensifying the process of heat transfer from the cloth to the outer surface of the cylinder and from the inner surface of the cylinder to cold water, replacing the cloth on the grid, reducing the load on the screws and bearings. In the work the basic elements of a refrigerating part of a cardboard machine are calculated. The analysis of obtained results is done and conclusions are presented. The list of used literature, a patent search and comparison of the developed design with analog ones are given.

The results of the project can be used with educational purposes at the department of machinery and apparatuses of chemical and petroleum refineries.

CARTON MACHINE, REFRIGERATOR, REFRIGERATOR CYLINDER, CARTON.



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**  
**на здобуття ступеня бакалавра**

**Напрямок:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

**на тему:** Модернізація холодильної частини картоноробної машини.

**Комплексний**

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область застосування холодильної частини.....	15
1.1 Опис технологічного процесу.....	15
1.2 Вибір типу холодильного циліндра і його місце в технологічній схемі.....	18
2 Технічна характеристика холодильної частини.....	20
3 Опис та обґрунтування конструкції .....	21
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей.....	21
3.2 Вибір матеріалів.....	23
3.3 Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами.....	24
3.4 Патентний огляд конструкції.....	25
4 Охорона праці.....	31
4.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори.....	31
4.2 Віброзахист.....	32
4.3 Боротьба з шумом.....	33
4.4 Пожежна безпека.....	33
4.5 Електробезпека.....	35
4.6 Освітлення на робочих місцях.....	36
4.7 Вентиляція холодильної частини.....	36
4.8 Огорожі холодильної частини КРМ.....	37
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції холодильної частини КРМ.....	38
5.1 Розрахунок необхідної кількості холодильних циліндрів.....	38
5.2 Розрахунок основних елементів холодильного циліндра.....	42
5.2.1 Силевий розрахунок.....	42

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ				
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.	Коваленко				Модернізація холодильної частини картоноробної машини	Літ.	Лист	Листів	
Перев.	Марчевський						10	108	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ІХФ, МАХНВ			
Н.Контр.									
Затв.									

5.2.2 Розрахунок корпусу циліндра на міцність і жорсткість.....	44
5.2.3 Розрахунок цапф циліндра холодильного.....	47
5.2.4 Розрахунок кількості болтів кріплення діафрагм.....	49
5.2.5 Вибір і розрахунок підшипників.....	50
5.3 Розрахунок потужності приводу.....	51
5.4 Вибір типу двигуна.....	54
5.5 Розрахунок сітконатяжки.....	55
6 Рекомендації з монтажу і експлуатації.....	58
7 Рівень стандартизації та уніфікації.....	61
8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	62
8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення.....	62
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню холодильної частини КРМ.....	63
Висновки.....	68
Выводы.....	70
Conclusions.....	72
Перелік посилань.....	74
Додаток А Документація до патентного дослідження.....	76
Додаток Б Програмний розрахунок.....	81
Додаток В Патенти які використані в патентному дослідженні.....	85
Додаток Г Публікації автора.....	86

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

$P$  – тиск, Па;

$L$  – довжина, м;

$T$  – температура, К;

$V$  – швидкість, м/с;

$g$  – питома маса, кг/м<sup>2</sup>;

$D, d$  – діаметри, м;

$N$  – потужність, Вт;

$\delta$  – товщина, м;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

$\alpha_1$  – коефіцієнт тепловіддачі охолоджуючої води до внутрішньої поверхні циліндра, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$\alpha_2$  – коефіцієнт тепловіддачі від картону до зовнішньої поверхні циліндра, Вт/м<sup>2</sup>·К;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м<sup>2</sup>·К.

$B$  – ширина, м;

$\tau$  – час, с;

$M$  – момент сили, Н·м;

$W$  – момент опору, м<sup>3</sup>;

$\sigma$  – напруження, Па;

$n$  – частота, с<sup>-1</sup>.

Умовні скорочення:

КРМ – картоноробна машина

Числа:

$Nu$  – число Нуссельта;

$Pr$  – число Прандтля;

$Re$  – число Рейнольдса.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

На сьогоднішній день картонна та паперова продукція користується високим попитом, бо папір і картон вже став невід'ємним предметом без якого важко уявити функціонування багатьох галузей, а також взагалі існування сучасної людини. Для нас папір та картон – це лише книги, красиві глянцеві журнали, газети, предмети санітарно – гігієнічного призначення, а ще і технічний прогрес. В нинішній час все більше галузей переходять на використання паперу та картону, а саме такі галузі, як машинобудування, радіотехніка, приладобудування, космонавтика, пакувальна, електроенергетика і тому подібне. Всі ми хоч раз їздили на автобусі або автомобілі, але майже ніхто не задумувався над тим, що більшість компонентів та комплектуючих деталей авто виготовлені з паперу і картону різних видів, а також целюлозних продуктів.

Одна з головних умов гарного збуту продукції на сучасному міжнародному ринку – кожна продукція повинна бути упакована в красиву, екологічну, міцну упаковку. Існує багато типів матеріалів для упаковки, але саме картон займає провідне місце серед них. Декілька причин чому всі виробники переходять на використання картонної упаковки: низька собівартість виготовлення, можливість вторинної переробки, зручність доставки, легкість, еластичність та пружність. Саме з цих причин целюлозно-паперова промисловість розвивається відносно швидкими темпами.

Процес виробництва картону і паперу являється відносно складним, багатоопераційним процесом, він потребує використання великої кількості волокнистих напівфабрикатів, хімічних речовин та природної сировини. Також целюлозно-паперова промисловість використовує велику кількість електричної енергії, води, теплової енергії та інших ресурсів.

В Україні над вирішенням цього завдання працюють багато років, для того щоб вирішити це завдання треба мати висококваліфікованих працівників,

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

технологів та інженерно-технічних робітників, які добре знають всі процеси, що відбуваються на різних стадіях виробництва.

На закупку закордонної картонно-паперової продукції зараз витрачають більш ніж 500 млн. доларів США, у такий спосіб інвестуються закордонні виробники.

Виробничі потужності в Україні завантажені на 45%. Внутрішнє виробництво значно відстає від темпів росту імпорту продукції інших виробництв. Найбільш відомим підприємством з виготовлення паперу і картону в Україні являється Київський КПК, який знаходиться в м. Обухів. Дата заснування заводу – 1977 р. , введено в експлуатацію в 1987 році. Спочатку завод випускав всім знайомий санітарно-гігієнічний папір “Обухів 65”, який і поклав історію розвитку комбінату, бо на той час санітарно-гігієнічні вироби мали високий попит. В подальшому Київський КПК став частиною австрійсько-германської групи Pulp Mill Holding, що дозволяє комбінату підключати інвестиції та модернізувати лінії виробництва. Зараз Київський КПК складається з трьох основних виробництв: виробництво картону, виробництво паперу, завод з виготовлення гофротари. Комбінат працює з більш ніж 700 компаніями України, Європи та низкою країн СНД.

Через інтенсивний розвиток целюлозно-паперової промисловості актуальною постає проблема модернізації холодильних частин КРМ які вже вважаються застарілими та не задовольняють новим поставленим вимогам до виробництв.

Мета даного проекту - розробка холодильної частини КРМ, проведення необхідних розрахунків, розроблення креслень.

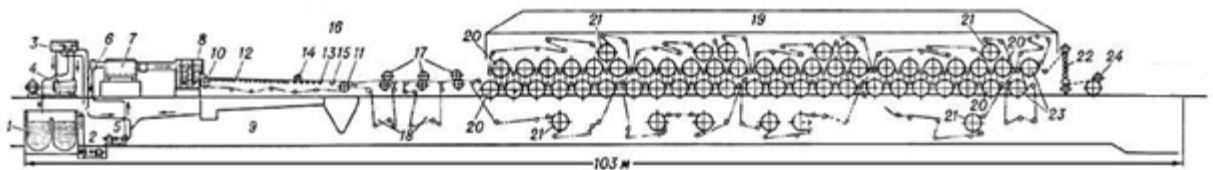
Завдання отримав 15 квітня 2019 року.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Призначення та область застосування холодильної частини КРМ

## 1.1 Опис технологічного процесу

Перед тим як картонне полотно потрапить на каландр 22 де воно піддається процесу охолодження на холодильних циліндрах котрі розташовані в холодильній частині 23 КРМ, яка знаходиться в кінці сушильної частини 19 в складі якої понад 60 сушильних циліндрів. На холодильному циліндрі паперове полотно не тільки охолоджується з 80 – 90 °С до 50-45 °С, а також і зволожується за рахунок осадження вологи, що конденсується на стінках холодильного циліндру з навколишнього середовища повітря, через те що температура повітря в приміщенні виробництва вище температури зовнішньої поверхні циліндру холодильного. Після проходження холодильної частини вологість картонного полотна зростає на 1-3%, що робить картон більш пластичним і сприяє кращому ущільненню та підвищенню його гладкості при проходженні процесу каландрування, також зменшуючи електризацію паперу. Тому, що такі аркуші пристають один до одного і це перешкоджає гарній роботі друкарських машин. Також після проходження холодильної паперове полотно буде довше залишатися білим і не буде жовтіти.



1 - машинний басейн; 2 - насос; 3 – напірний бак; 4 - конічний млин; 5 - змішувальний насос; 6 - засувки; 7 - очисні комплекси; 8 - напірний ящик; 9 - сіткова частина; 10 - грудний вал; 11 - гауч-вал; 12 - реєстрові валики; 13 - відсмоктуючі ящики; 14 - вирівнюючий валик; 15 - правильний валик; 16 - пресова частина; 17 - вальцьові преси; 18 - вовняні сукна; 19 - сушильна частина; 20, 21 - сушильні циліндри; 22 - каландр; 23 – холодильна частина; 24 - накат.

Рисунок 1.1 - Схема картоноробної машини

Холодильна частина картоноробної машини складається з сітконатяжки 1, сітководучого валу 2, датчику сходження сітки 3, сіткоправки 4, холодильного циліндра 5, шаберу 6, сітки сушильної 7

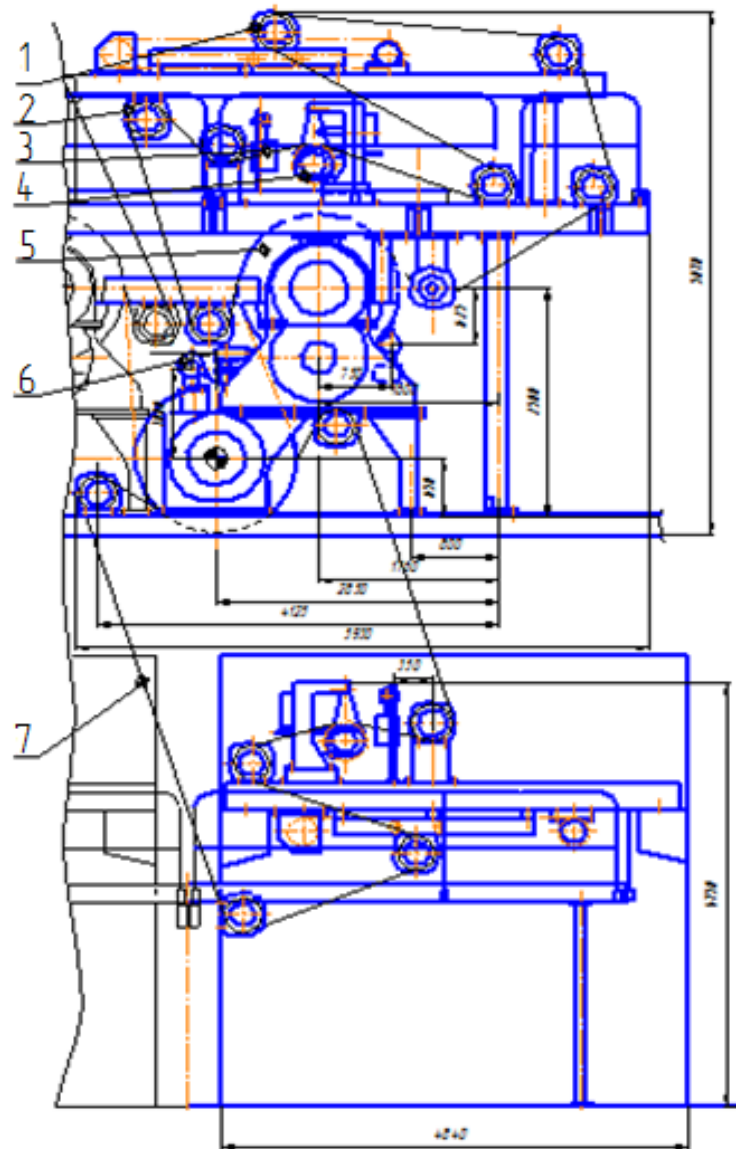


Рисунок 1.2 - Схема холодильної частини КРМ



Холодильний циліндр призначений для надання картону більшої еластичності та м'якості, а також охолодження до 50-45 °С, невеликого поверхневого зволоження для покращення каландрування.

Картон, що надходить у холодильну частину картоноробної машини має таку характеристику: початкова ступінь сухості – 96%, обрізна ширина – до 4,2 м, маса одного метра квадратного картону - 0,195 кг/м<sup>2</sup>, початкова температура картону – 100 °С.

Картон, що надходить на каландр після холодильної частини картоноробної машини має таку характеристику: кінцева ступінь сухості – 95%, обрізна ширина – до 4,2 м, маса одного метра квадратного картону - 0,195 кг/м<sup>2</sup>, кінцева температура картону – 75 °С.

Картонне полотно охолоджується та зволожується на поверхні холодильного циліндра за рахунок холодної води, пари який конденсується на стінках холодильного циліндра під час його роботи. Процес конденсації виникає через різницю температур між стінками циліндра та температурою в виробничому приміщенні цеху. Процес охолодження та зволоження не лише довше зберігає папір та картон білим та не дає їм жовтіти, підвищує еластичність та покращує подальший процес каландрування, але ще й дозволяє зменшити наелектризованість картону і паперу, це в подальшому покращує покращує та полегшує їх обробку

Вода для охолодження подається в циліндр з привідної сторони машини через патрубки діаметром 0,05-0,07 м., які вмонтовано в середину циліндра. Щоб процес охолодження відбувався рівномірно потрібно постійно відводити з порожнини циліндра теплу воду. Виводиться вода із циліндра за допомогою патрубка для відведення теплої води, який встановлено з лицьової сторони машини, відстань від патрубка до стінки циліндра більша ніж в сушильних циліндрах і становить 50 мм.

Під час роботи в холодильному циліндрі постійно перебуває шар охолоджуючої води, що дозволяє стінкам циліндра рівномірно охолоджуватися.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

На відміну від старих холодильних циліндрів в розроблюваній конструкції виключене використання подачі повітря під тиском для видалення теплої води, а також не використовуються складні за своєю конструкцією водовпускні головки.

Через те, що картон зволожується та деформується по довжині, швидкість з якою він рухається - змінюється, тому необхідно встановити на холодильному циліндрі окремий привід та окремих сіток.

Холодної води, що подається в холодильний циліндр, повинно бути більше необхідної кількості для охолодження картону, з тієї причини що, холодильний циліндр охолоджує повітря цеху в якому він встановлений і тому волога від нього конденсується на поверхні циліндра звідки вона переходить в картонне полотно. Вологість картонного полотна після холодильного циліндра підвищується за рахунок конденсату на 1 – 3%.

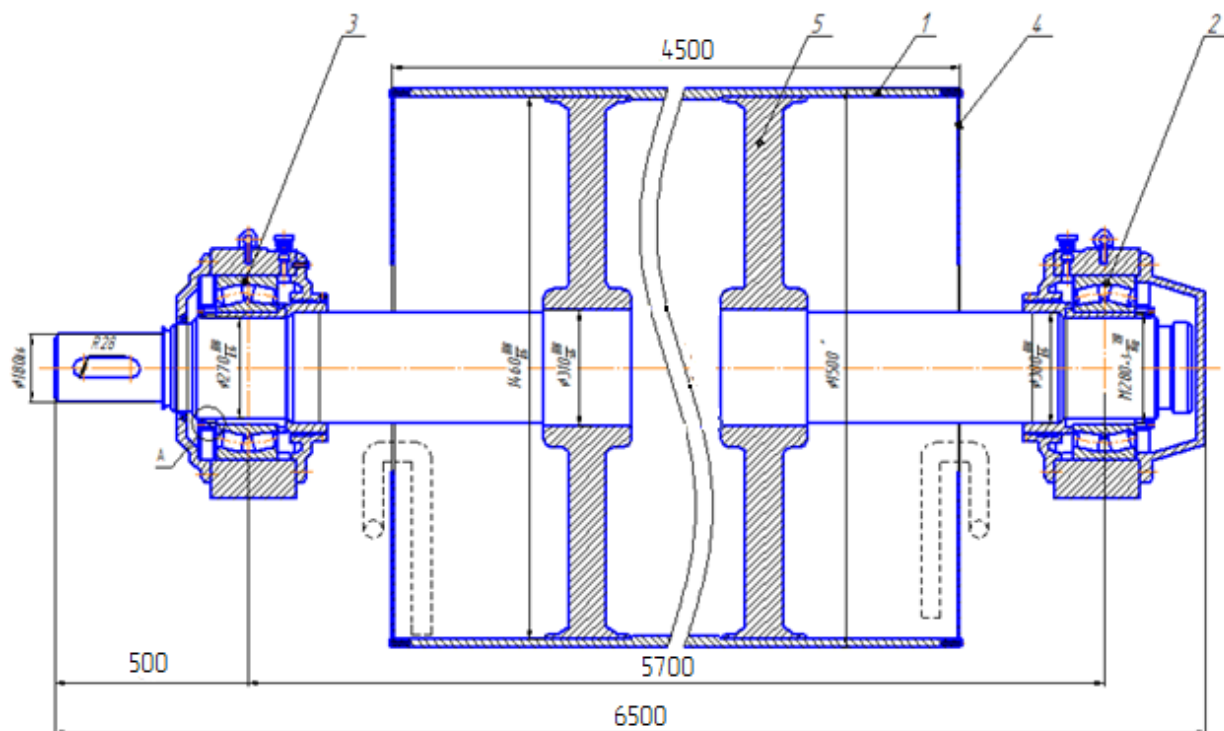
Продуктивність машини по абсолютно сухому картону становить 6,53 кг/с.

## 1.2 Вибір холодильного циліндра і його місце в технологічній схемі

Для охолодження картону, масою  $q = 0,195 \text{ кг/м}^2$  та обрізною шириною 4,2 м, підвищення його пластичності, зволоження та сприяння ущільненню, на машині з швидкістю  $v=8,3 \text{ м/с}$ , було прийнято рішення розробити нову конструкцію холодильного циліндру діаметром 1,5 м та довжиною робочої поверхні 4,5 м (рисунок 1.3). Та встановити 2 розроблених циліндри в холодильній частині машини. Циліндри встановлюються наприкінці сушильної групи.

Вода для охолодження циліндрів подається в порожнину циліндра насосом через патрубок для подачі холодної води, температура води – 15-17 °С. Відвід теплої води відбувається через патрубок для відведення відпрацьованої теплої води.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – оболонка; 2 – вузол підшипниковий лицьової сторони машини; 3 - вузол підшипниковий приводної сторони машини; 4 –діафрагми; 5 – опора оболонки

Рисунок 1.3 - Конструкція холодильного циліндра

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.70544.1.001 ПЗ

Арк.

19

## 2 Технічна характеристика холодильної частини

Холодильний циліндр призначений для охолодження картонного полотна.

1. Швидкість машини, м/с:	8,3
2. Обрізна ширина картону, м:	4,2
3. Загальна робоча поверхня холодильних циліндрів, м <sup>2</sup> :	26,7
4. Сухість картону до холодильної частини, %:	96
5. Сухість картону після холодильної частини, %:	95
6. Температура картону до охолодження, °С:	100
7. Температура картону після охолодження, °С:	75
8. Тиск води в циліндрі, МПа:	0,07
9. Діаметр холодильного циліндру, м:	1,5
10. Довжина холодильного циліндра, м:	4,5
11. Маса холодильного циліндра, кг:	5328
12. Продуктивність по абсолютно сухому картону, кг/с:	6,53
13. Кількість холодильних циліндрів:	2
14. Потужність приводу, кВт:	150

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Опис та обґрунтування конструкції

#### 3.1 Конструкція і принцип дії холодильної частини, основних складальних одиниць та деталей

Щоб охолодити картон та покращити його еластичні властивості перед каландруванням використовуються холодильні циліндри які входять в склад сушильної частини та встановлені в її кінцевій частині, холодильна частина має в своєму складі один або 2 холодильні циліндри. Через охолодження та зволоження картонне полотно деформується по довжині, тому холодильні циліндри повинні мати окремий привід сітки, але ця вимога ускладнює конструкцію машини.

Циліндр охолоджується водою температурою 15-17 °С. На відміну від раніше розроблених конструкцій в обраний циліндр вода подається за допомогою патрубків для подачі холодної води, замість раніше використовуваних складних за своєю конструкцією водоспускних головок. Тепла вода відводиться за допомогою патрубків для відведення води. Патрубки для введення і відведення води закріплені нерухомо.

Охолодження картону відбувається за рахунок контакту поверхні циліндру холодильного і картонного полотна.

Переваги контактної способу охолодження:

- рівномірне, по всій ширині, охолодження картонного полотна;
- висока двостороння гладкість картону.

Виконані раніше розрахунки показали, що для задовольняючого рівня охолодження та зволоження картонного полотна, достатньо встановити два холодильних циліндра. Розроблений холодильний циліндр коштує дешевше своїх аналогів та менш металоємкий. Завдяки його конструкції покращується теплообмін тому, що в циліндрі постійно перебуває холодна вода, а тепла вода яка через те, що вона має меншу густину знаходиться на вищому рівні ніж холодна і відводиться патрубком для відведення теплої води. Дешевизна конструкції

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

досягається виключення використання таких складних у виготовленні та дорогих пристроїв як водоспускні головки, системи подачі стиснутого повітря.

Лімітує процес охолодження (коефіцієнт теплопередачі) тепловіддача від охолоджуючої води до внутрішньої поверхні циліндра( $\alpha_1$ ).

Вода для охолодження подається в оболонку циліндру через патрубок для вводу води. Щоб покращити показники теплопровідності і корозійної стійкості можна робочу поверхню циліндру покрити шаром хрому товщиною 0,15- 0,25 мм.

Обертаючись циліндр створює у своїй внутрішній порожнині “водяне кільце”. З лицьової сторони машини монтується патрубок для відводу теплої води, який розміщено на висоті 50 мм від стінок, за допомогою якого відбувається відведення теплої води.

Холодильна частина картоноробної машини (рисунок 1.2) складається з двох холодильних циліндрів діаметром 1,5 м, шириною робочої частини 4,5 м, які встановлені на статині.

Після сушильної частини КРМ картонне полотно надходить до холодильної частини де воно притискається до робочої поверхні циліндра за допомогою верхньої та нижньої сіток. Кожна сітка має автоматичну сіткоправку та сітконатяжку, за допомогою яких відбувається регулювання сітки відносно осі КРМ.

Спочатку, за допомогою ручних сіткоправок сітководучий (сіткоправильний) вал встановлюється в таке положення, щоб при роботі сітки набігали на лопатку імпульсного пристрою. Переміщення опори сіткоправильного вала здійснюється автоматично, за рахунок зміни тиску повітря в гумово-кордних балонах. Застосовуються сітконатяжки гвинтової конструкції з приводом від пневмодвигуна через черв'ячний редуктор. Для можливості переміщення лицьової опори сітконатяжного вала незалежно від приводної на лицьовій опорі натяжки передбачений перемикач, переміщення вала виконується вручну. Крайне положення сітконатяжного вала фіксується кінцевими вимикачами.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для очищення зовнішньої поверхні холодильних циліндрів від залишків картонного полотна на них встановлені шабери. Корпус шабера сталевий, зварної конструкції. Шабери забезпечені пневматичними механізмами зворотно-поступального руху, що забезпечує рівномірне зношування поверхні вала і ножа шабера. Регулювання величини лінійного тиску леза шабера на вал може здійснюватись пневмоциліндрами. Цими ж пневмоциліндрами леза шаберів відводяться від поверхні валів.

Для зручності обслуговування холодильної частини там, де необхідно, встановлено містки.

Станини і стійки зварної конструкції, виготовлені з міцної прокатної сталі.

Вали сітководучі, картоноведучі, виконані із сталевих труб з запресованими в них литими чавунними патронами з цапфами. Всі вали, за виключенням холодильних циліндрів, облицьовані гумою.

### 3.2 Вибір матеріалів

Цапфи та корпус циліндра холодильного повинні мати гарний запас міцності щоб протидіяти згинаючим моментам, виникаючим під час роботи, через це для виготовлення цапф і оболонки було вирішено обрати сірий чавун СЧ25 ГОСТ 1418-25 він повністю задовольняє умовам проведеним в розрахунках.

Щоб уникнути корозії, труби для подачі та відведення води, виготовити з нержавіючої сталі ГОСТ 5632-72.

Лезо шабера виготовляється з фосфористої бронзи виготовленої методом прокату, вона забезпечує необхідну твердість ( 150-170 НВ) і високу теплопровідність, для виготовлення сітководучих валів використовуємо Сталь 25 ГОСТ 1051-73.

Для виготовлення діафрагм приймаємо листову нержавіючу сталь ГОСТ 10885-85.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення сіток верхнього та нижнього рядів обираємо полімерний матеріал

### 3.3 Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами

За аналоги було обрано:

Аналог 1 – холодильна частина виготовлена на заводі «ДніпроТяжБумМаш» целюлозно-паперового машинобудування;

Аналог 2 – холодильна частина Київського КПК.

Порівняння проводилося виходячи з умов, що на холодильну частину подавався картон зі швидкістю 8,3 м/с та обрізною шириною 4,2 м.

Виходячи з даних наведених в таблиці, розроблена конструкція менш енергоємна, дає можливість збільшити продуктивність машини по абсолютно сухому картону, покращити зволоження та зменшити кінцеву температуру картону.

Результати порівняння наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Зіставлення основних показників розробленої конструкції з аналогами

Параметр	Розроблена конструкція	Аналог 1	Аналог 2
Обрізна ширина картону, м	4,2	4,2	4,2
Робоча швидкість машини, м/с	8,3	8,3	8,3
Ширина картону на накаті, м	4,25	4,25	4,25
Маса абсолютно сухого картону, кг/м <sup>2</sup>	0,195	0,180	0,185
Продуктивність по абсолютно сухому картону, кг/с	6,53	6,032	6,19
Сухість картону до холодильної частини, %	96	96	97



Продовження таблиці 3.3

Сухість картону після холодильної частини, %	95	95	95
Кількість холодильних циліндрів у групі	2	3	2
Діаметр холодильних циліндрів, м	1,5	1,8	1,5
Кут обхвату циліндрів картоном, град	240	220	200
Початкова температура картону, °C	100	90	80
Кінцева температура картону, °C	75	70	70
Витрати води, кг/с	5,88	6,2	6,1
Потужність, кВт	150	210	190

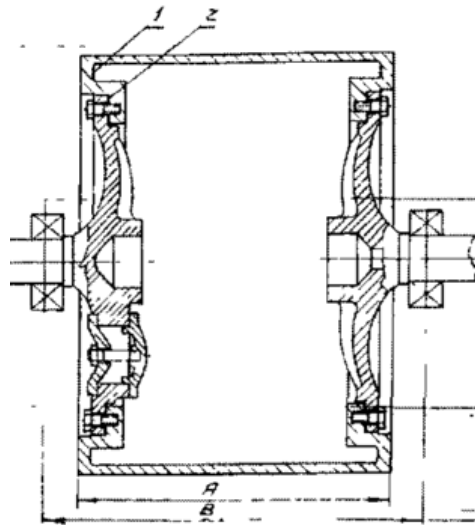
### 3.4 Патентний огляд конструкцій

Для виконання поставленої в дипломному проекті задачі необхідно розробити нову конструкцію холодильного циліндра. Через те, що сушильний і холодильний циліндри принципово однакові та різняться тільки пристроями для підведення та відведення теплоносія, додаємо до патентного пошуку конструкції сушильних циліндрів.

Предмет патентного пошуку – циліндр сушильний, циліндр холодильний. Мета пошуку інформації – визначення доцільності розробки нової конструкції та визначення характеру розвитку даного напрямку в науці і техніці.

У патенті [1] показано циліндр для сушіння паперового полотна (рис. 3.1), який складається із корпусу з торцевими кришками а також елементами їх кріплення до корпусу, торці корпусу із сформованою поверхнею з каналами для теплоносія, фланцеві повехні зміщені до внутрішньої частини циліндра в межах

міжосьової відстані опор підшипників на базових поверхнях картоноробної машини.



1 – канали для теплоносія, 2 - кришка

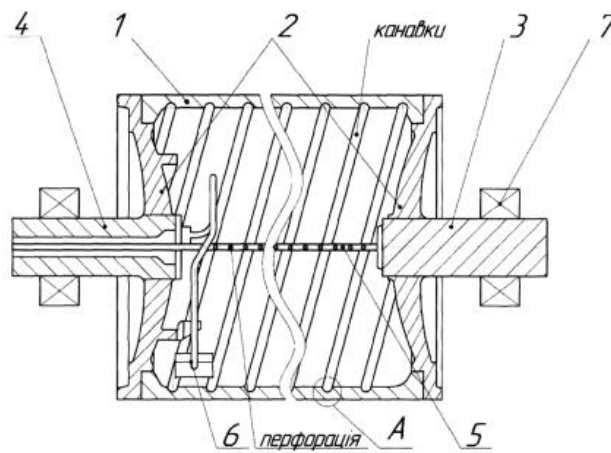
Рисунок 3.1 - Сушильний циліндр папероробної машини

Запропоноване в патенті рішення, зробити розвинену поверхню, дозволило збільшити довжину робочої поверхні сушильного циліндру не змінюючи місце розміщення його опор підшипників на базових поверхнях машини, а також поліпшення показників довговічності та надійності.

Недоліком розглянутої конструкції є низька інтенсивність процесу та погані умови для відводу конденсату, що з'являються в результаті внесених змін до конструкції.

Конструкція циліндра холодильного (рис. 3.2), представлена в патенті [2], який складається з металевої оболонки, торцевих кришок котрі надійно з'єднані з пустотілою та привідною цапфами та утворюють кільцеву камеру, перфоровану трубку, черпак для відведення конденсату.

Розглянута конструкція за рахунок нарізки канавок на внутрішній поверхні оболонок дозволяє збільшує загальну поверхню теплообміну та турбулізацію холодної води. В свою чергу автори вважають, що це покращує інтенсивність теплообміну між картонним полотном та поверхнею циліндра. Але згідно теорії теплообміну коефіцієнт теплообміну не може бути більшим найменшого коефіцієнту тепловіддачі.



1 - оболонка з канавкою; 2 – сферичні кришки; 3 – цапфа привідна; 4 – цапфа пустотіла; 5 – перфорована трубка; 6 – черпак; 7 - підшипники

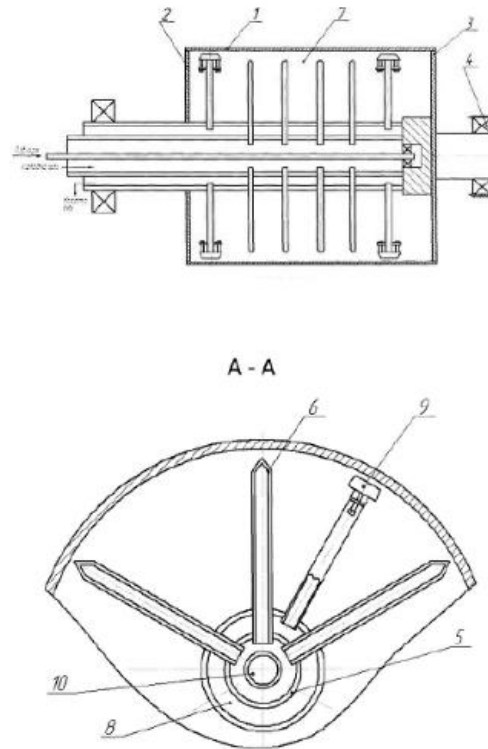
Рисунок 3.2 – Циліндр холодильний

В даному випадку найменший коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні циліндра до картонного або паперового полотна. Тому вказаний патент не створює позитивний ефект.

В патенті [3] представлено циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні (рис.3.3), який складається з корпусу циліндра, кришок привідної і лицьової сторін, центральної трубки яка встановлюється вздовж по осі корпусу, труби для подачі холодної води та відведення нагрітої, рівномірно розташовані по корпусу форсунки.

Розглянута конструкція проста у виготовленні та забезпечує рівномірне температурне поле на робочій поверхні циліндра.

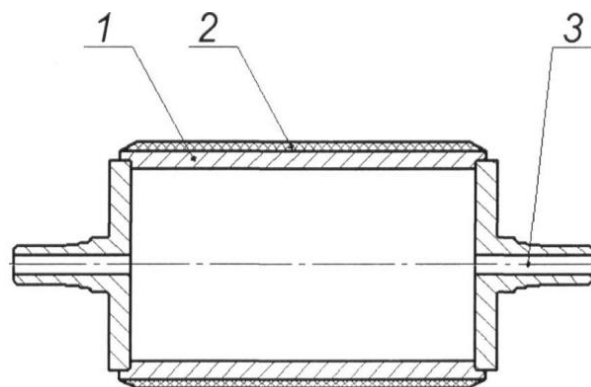
Недоліком розглянутої конструкції є великі витрати енергії для створення тиску повітря, дороговизна виготовлення, низько інтенсивний теплообмін між папером і робочою поверхнею циліндру, велика металоємність.



1 – корпус циліндра; 2 – кришка привідної сторони; 3 – кришка лицьової сторони; 4 – підшипник; 5 – труби для подачі води; 6 – форсунки; 7 – внутрішня порожнина циліндра; 8 – труба для відводу гарячої води; 9 – насадки; 10 – труба.

Рисунок 3.3 – Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні

У патенті [4] представлено циліндр холодильний (рис 3.4), що має оболонку циліндричної форми, яка з'єднана з кришками, жорстко прикріплені цапфи до оболонки.



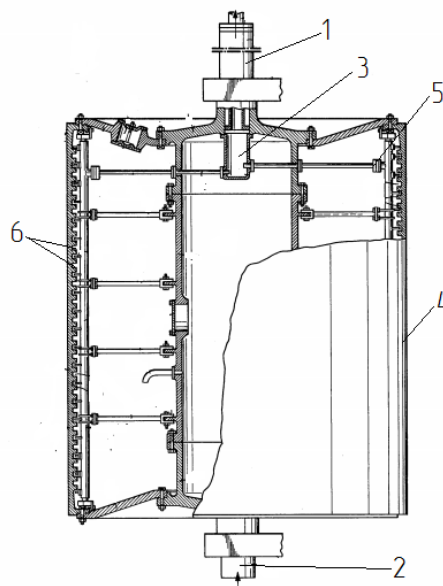
1 – оболонка; 2 – шар хрому; 3 – кришки.

Рис 3.4 – Холодильний циліндр

Зовнішня поверхня циліндру покривається шаром хрому, що в свою чергу повинно захистити робочу поверхню циліндра від корозії, а відполірований шар хрому покращити контакт полотна з поверхнею циліндра та збільшить швидкість процесу охолодження.

Головний недолік розглянутої конструкції складність виготовлення і дороговизна.

В патенті [5] представлено сушильний циліндр (рис 3.5), який складається з цапф(привідної та лицьової), циліндричного корпусу, вмонтовані на рухомому валу труби, які обертаються разом з валом, через котрі подається теплоносій на внутрішню поверхню циліндра, а також нарізані на внутрішній поверхні циліндра канавки.



1 – цапфа привідна; 2 – цапфа лицьова; 3 – вал; 4 – корпус циліндра; 5 – труби для подачі теплоносія; 6 – канавки

Рисунок 3.5 – Циліндр сушильний

Така конструкція, на думку автора, дозволяє інтенсифікувати процес теплообміну та збільшити поверхню контакту полотна і циліндра.

Недоліки: низький показник надійності при роботі під тиском, складна та метало ємна конструкція, через встановлені труби для подачі теплоносія виникає збільшення сил інерції та підвищується ризик поломки циліндра.

За результатами проведених патентних досліджень було визначено:

1) отримано патент на корисну модель циліндра холодильного патентоспроможний тому, що:

- розроблений циліндр холодильний має просту конструкцію та простий у виготовленні;

- збільшена інтенсивність теплообміну за рахунок постійного відведення теплої води та подачі холодної.

2) передові місця у розвитку галузі паперового і картонного виробництва є такі країни як: Великобританія, США, Росія.

3) на основі проведеного аналізу патентів можна зробити висновок, що для охолодження картонного чи паперового полотна за допомогою циліндрів холодильних головні розробки направлені на патентування способів інтенсифікації процесу теплообміну та поліпшення процесу охолодження виготовлюваної продукції.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Охорона праці

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їхньої праці, забезпечення нешкідливих умов для праці – одне зі значущих завдань для держави. Вдале вирішення поточного завдання неабиякою мірою залежить від необхідної підготовки фахівців всіх освітньо-кваліфікаційних ступенів з питань охорони праці.

Поліпшення якості підготовки спеціалістів з наведених вище питань – об'єктивна вимога часу.

Нинішній активний технічний прогрес а також досягнення у науці додають принципові інноваційні введення у всі сфери промислового виробництва, значно змінюючи матеріали які використовують та технологічні процеси, предмети та засоби праці. Так само відбуваються зміни технологій та устаткування, що у свою чергу призводять до кардинальних змін умов праці та трудового процесу в цілому. Тому, під час розробки нової техніки або модернізації старої, необхідно провести науковий аналіз можливих ризикових та шкідливих виробничих факторів та розробити методи і засоби, направлені на максимальне зменшення їх негативного впливу на працюючу людину.

### 4.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Робота на целюлозно-паперовому виробництві відноситься до роботи з підвищеною безпекою. У процесі виготовлення картону на персонал комбінату можливий вплив небезпечних шкідливих виробничих факторів. Основними шкідливими факторами на виробництві являються нижче приведені шкідливі та небезпечні фактори:

- високий рівень вібрацій;
- безпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпечність;
- підвищений рівень шуму на робочих місцях і дільниці;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- брудне запилене картонним пилом повітря;
- погане освітлення в приміщеннях з підвищеним рівнем небезпеки;
- частини машин і механізмів, що обертаються.
- висока або низька температура повітря в робочій зоні.

## 4.2 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини холодильної частини КРМ. Такими частинами вважаються проміжні вали, циліндри холодильні, електродвигуни, приводні вали, насоси, вентиляторні агрегати. Через виникнення сил які не врівноважені між собою котрі передаються на будівельні конструкції виникає вібрація.

Також через вібрації будівельних конструкцій в сусідніх приміщеннях виникає шум. З цієї причини виникає необхідність прийняття різних мір і заходів для зменшення сили вібрацій побудови та забезпечення дозволеного нормами рівня вібрації в робочих будівлях.

Максимально ефективним та технічно раціональним способом послаблення вібрації будівельних конструкцій є зменшення неврайонованих сил, тобто динамічних навантажень, які створює сушильна частина яка знаходиться перед холодильною частиною.

Для запобігання вище сказаного були виконані такі роботи:

- використання валів з гідро підтримкою сорочки, а також застосування методу динамічного балансування валів ;
- муфтові з'єднання центрувати з електродвигуном;
- точне встановлення підшипників з мінімізацією перекосів;
- рознімні частини надійно закріпити між собою (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів).

Наведені вище заходи дозволили значно зменшити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам [6]

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



### 4.3 Боротьба з шумом

Холодильна частина КРМ змонтована в приміщенні закритого типу, а через наявність обертових частин конструкції машина створює шум під час роботи. Рівень шуму в цеху перевищує допустимі норми.

Згідно встановлених норм рівень шуму машини і холодильної частини не повинен виходити за межі 80 дБА.

Задля запобігання шкідливого впливу на організм персоналу проводимо такі заходи:

- встановлюємо звукоізолюючі кабінки, в який персонал буде мати можливість вести спостереження за роботою машини та контролювати її дистанційно на спеціальних пультах. Стіни кабінки облицьовуємо шумопоглинаючими плитами. Вікна в які можна стежити за роботою – двокамерні з повітряними зазорами між листами скла. В запропонованій кабінці рівень шуму не перевищує 70 дБА і нижче, отже вимоги ДСН 3.3.6.037-99 виконуються.

- персонал який працює безпосередньо в цеху і займається обслуговуванням машини, укомплектовуємо навушниками ПШН-Б які знижують рівень шуму до 30 дБА, або протишумовими берушами “ЗМ 1271”, які знижують рівень шуму на 25 дБА.

Запропоновані заходи дозволять значно знизити рівень шуму до задовільного який не шкодить здоров'ю та відповідає встановленим вимогам [6].

### 4.4 Пожежна безпека

Картонне полотно, яке надходить на холодильні циліндри після сушильної частини має досить високу температуру, окрім цього картон має здатність самозапалюватися при температурах вищих за  $t=380^{\circ}\text{C}$ . Сушильна

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частина машини разом з холодильною відноситься до категорії В, клас зони П-П. Для змащування сушильної частини використовуються горючі мастильні матеріали. Для виникнення пожеж повинно виконатися 3 умови: наявність горючої речовини, джерело запалювання, наявність окислювача.

З метою уникнення пожеж на підприємстві за допомогою автоматичних систем вентиляції видаляється картонний пил, своєчасно відбувається прибирання картонного браку та відправка його на переробку, горючі та змащувальні матеріали зберігають в металевих ящиках в спеціально обладнаних для цього місцях, для паління відведено спеціальні місця.

Якщо виникла пожежа треба, не зволікаючи, відключити живлення вентиляції (як приточної, так і витяжної), перевести машину на мінімальну швидкість, але не зупиняти. Зупинку машини можна виконати лише по особливому розпорядженню. В місцях скупчення сухого картонного браку потрібно встановити сплінкерну систему яка автоматично вмикається при підвищенні температури вище встановленої в середині цеху, або порошкові вогнегасники "САМ-9" які діють за принципом теплового замка.

На території цеху встановити звукову сигналізацію яка буде сповіщати про виникнення пожежі.

Виділити спеціальні місця для установки протипожежних стендів з першочерговими засобами гасіння пожеж. До таких засобів відносяться:

- вогнегасники;
- металеві бочки з водою;
- пожежні відра;
- ящики з піском;
- сокири;
- лопати;
- гаки;
- ломи;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- протипожежні ковдри.

Бочки з водою та ящики з піском встановлюються безпосередньо в робочому приміщенні, їх фарбують у червоний колір та роблять відповідні написи на них білим кольором. Пожежний інструмент фарбують у чорний колір. Ємність бочок повинна бути не меншою за 8 л. Місткість ящиків для піску 0,5-3 м<sup>3</sup>.

Протипожежні покривала, виготовляються з вогнетривкого і негорючого матеріалу, повинні бути за розміром не менш ніж 2х1 м або 2х2 м.

Протипожежна безпека холодильної частини машини розроблена згідно вимог [6]

#### 4.5 Електробезпека

Відповідно до правил устрою електроустановок (ПУЕ) холодильна частина картоноробної машини належить до II класу. Живлення електродвигунів та електроніки розроблюваної конструкції виконується трифазною мережею. Згідно з ПУЕ для роботи машини використовується струм  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц з ізольованою нейтраллю.

Щоб запобігти ураженню струмом обслуговуючого персоналу передбачаються наступні заходи:

- вкласти кабелі в “рукави”;
- всі елементи які можуть проводити струм надійно заізолювати;
- місця прокладки електромережі захистити сітчатими огорожами;
- місця з підвищеним шансом отримання ураження електричним струмом позначити попереджувальними сигналами та знаками( знаки високої напруги, фарбування різних частин електрообладнання в різні кольори);
- обслуговуючий персонал укомплектувати індивідуальними засобами захисту (діелектричні чоботи, рукавиці, коврики, тестери, індикатори струму та напруги)

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- для запобігання ураженню струмом в аварійному режимі використовуємо захисне заземлення.

—обслуговуючому персоналу видаємо засоби захисту (діелектричні коврики, рукавички, індикатори струму та напруги);

Проведені заходи значно знижують ризики травмування внаслідок ураження електричним струмом, згідно [6].

#### 4.6 Освітлення на робочих місцях

Приміщення, в якому встановлена холодильна частина машини, належить до приміщень закритого типу. В робочому приміщенні штучне освітлення.

Щоб в данному приміщенні було гарне освітлення встановимо світильники з LED лампами для економії електроенергії в кількості 20 штук: лампи OSRAM E27 (напруга живлення – 220-240 В, колір свічення – 6500 К, термін служби – 30000 годин, клас енергоефективності – А+, освітленість-

$E_{\text{факт}} = 300$  лк). Обрана кількість світильників повністю відповідає поставленим вимогам [6].

#### 4.7 Вентиляція холодильної частини

В кінці сушильної частини знаходиться холодильна частина. Сушильна частина працює при підвищених температурах. Пар, який випаровується в сушильній частині машини, має досить високу температуру і цим перешкоджає процесу охолодження картону в холодильній частині. З метою покращення ефективності процесу охолодження та мінімізації витрат енергії над холодильною частиною необхідно змонтувати систему вентиляції. Загальна величина кількості повітря, яке вентилюється, залежатиме від розробленої схеми вентиляції, пори року, кліматичних умов.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Видаляємо повітря з робочого залу картоноробних машин, не повинне бути повністю насичене, тому що, під час неповного охолодження водяні пари в повітрі певною мірою конденсуються і опадають у вигляді крапель.

Чисельність вологи, яка знаходиться в повітрі, залежить від його відносної вологості, а саме від відношення фактичної кількості води, яка знаходиться в повітрі, відносно до кількості води, яка може включати в своєму змісті повітря при його повному насиченні.

На розробленій холодильній частині картоноробної машини змонтуємо ковпак вентиляційний закритого типу, який має фільтр з його допомогою затримується пил від картонного полотна. Продуктивність ковпака вентиляційного –  $0.115 \text{ м}^2/\text{с}$

Щоб уникнути шкідливих викидів, вода для охолодження працює в замкнутому циклі.

Після виконаних робіт вентиляційна система холодильної частини КРМ відповідає вимогам [6].

#### **4.8 Огорожі холодильної частини КРМ**

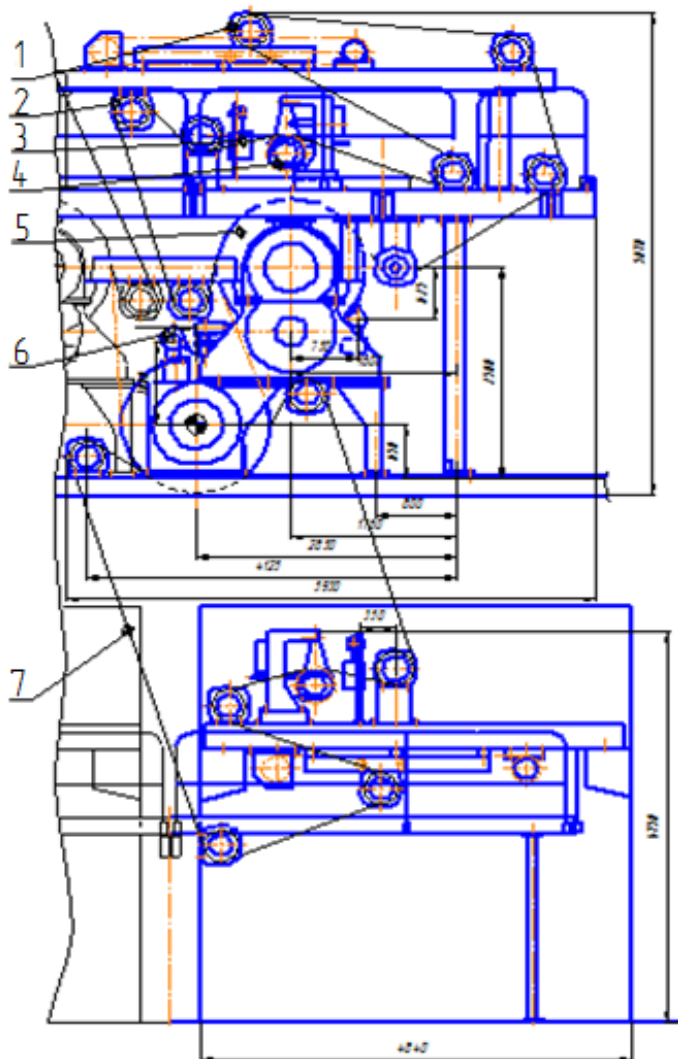
Рухомі частини картоноробної машини повинні мати огорожу для забезпечення безпеки. Робочі площадки машини включають огорожі висотою 1,2 – 1,5 м з відбійною полоєю заввишки 1,5 м, що відповідають встановленим вимогам [6].

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1 Розрахунок необхідної кількості холодильних циліндрів

Схему розташування холодильних циліндрів наведено на рисунку 5.1.



1 – сітконатяжка; 2 – вал сітководучий; 3 – датчик сходження сітки; 4 – сіткоправка; 5 – холодильний циліндр; 6 – шабер; 7 – сітка сушильна;

Рисунок 5.1 - Схема розташування холодильних циліндрів

Метою даного розрахунку є визначення кількості циліндрів необхідних для охолодження паперу і розроблення конструкцій холодильної частини.

Вихідні дані :

- швидкість машини $V$ , м/с	8,3
- маса 1 м <sup>2</sup> абсолютно сухого картону $g$ , кг/м <sup>2</sup>	0,195
- ширина картонного полотна $B$ , м	4,25
- сухість паперу початкова $S_{\Pi}$ , %	96
- сухість паперу кінцева $S_{\kappa}$ , %	95
- температура паперового полотна початкова $t_n$ , °C	100
- температура паперового полотна кінцева $t_{\kappa}$ , °C	75
- температура води, що охолоджує, початкова $t_{\Pi B}$ , °C	17
- температура води, що охолоджує, кінцева $t_{\kappa B}$ , °C	35

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [7].

Вологість картонного полотна на накаті:

$$W = 1 - S_{\kappa} = 1 - 0,95 = 0,05 ,$$

де  $S_{\kappa}$  - кінцева сухість картону.

Продуктивність машини по абсолютно сухому картону:

$$G_{ac} = V \cdot g \cdot B(1 - W) = 8,3 \cdot 0,195 \cdot 4,25 \cdot (1 - 0,05) = 6,534 \text{ кг/с.}$$

Вологовміст полотна перед охолодженням:

$$u_{\Pi} = \frac{100 - S_{\Pi}}{S_{\Pi}} = \frac{100 - 96}{96} = 0,0417 \text{ кг/кг,}$$

де  $S_{\kappa}=96\%$  - сухість полотна перед охолодженням.

Вологовміст полотна після охолодження:

$$u_{\kappa} = \frac{100 - S_{\kappa}}{S_{\kappa}} = \frac{100 - 95}{95} = 0,0526 \text{ кг/кг,}$$

де  $S_{\kappa}=95\%$  - сухість полотна після охолодження.

Кількість води , що конденсується на поверхні холодильного циліндра:

$$G_W = G_{ac} \cdot (u_{\kappa} - u_{\Pi}) = 6,5347 \cdot (0,0526 - 0,0417) = 0,0717 \text{ кг/с.}$$

Витрати холодоносія на охолодження картонного полотна:

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$Q = \frac{1}{\psi} \cdot G_{ac} [(C_n + C_b \cdot u_k)(t_n - t_k) + (u_k - u_n) \cdot r] = \frac{1}{1} \cdot 6,534 \times$$

$$\times [(1,42 + 4,19 \cdot 0,0526) \cdot (100 - 75) + (0,0526 - 0,0417) \cdot 2457] = 444,05 \text{ кВт},$$

де  $C_n = 1,42 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  – теплоємність абсолютно сухого картону [8];

$C_b = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - теплоємність води [8];

$\psi = 1$  – коефіцієнт використання тепла в період прогріву [8];

$r = 2457 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  - питома теплота конденсації при  $17^\circ \text{C}$  [8].

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0,037 \cdot 0,05}{0,972 \cdot 10^{-6}} = 1903,2,$$

де  $D = 0,05 \text{ м}$  – висота шару води;

$\nu = 0,972 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості [8].

Число Нуссельта:

$$Nu = 0,33 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,43} = 0,33 \cdot (1903,2)^{0,5} \cdot 8^{0,43} = 35,2$$

де  $Pr = 8$  - число Прандтля при середній температурі води  $t = 26^\circ \text{C}$  [8].

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки циліндра до води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} = \frac{35,2 \cdot 0,05}{0,002} = 1056 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де  $\lambda = 0,06 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$  – коефіцієнт теплопровідності охолоджуваної води за її середньої температури;

$d$  – характерний розмір (товщина пограничного шару).

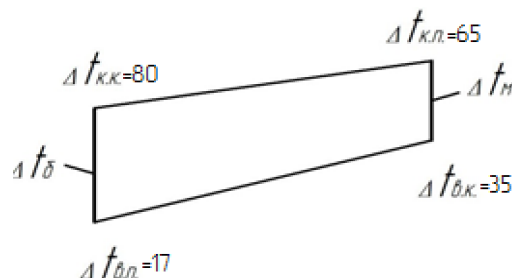


Рисунок 5.1.1- схема зміни температур теплоносіїв

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Середня різниця температур ( $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M} > 2$ , тому середнє логарифмічне

значення):

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}} = \frac{(t_n - t_{пв}) - (t_k - t_{кв})}{\ln \frac{t_n - t_{пв}}{t_k - t_{кв}}} = \frac{(100 - 17) - (75 - 35)}{\ln \frac{100 - 17}{75 - 35}} = 58,9 \text{ К.}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{500} + \frac{0.03}{50} + \frac{1}{1057}} = 281,9 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

де  $\alpha_1 = 200 \dots 500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$  – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні циліндра в залежності від шорсткості картону і поверхні циліндра [8];

$\delta = 0,03 \text{ м}$  – товщина стінки циліндра;

$\lambda = 50 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності сірого чавуна [8].

Поверхня теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cl}} = \frac{444,05 \cdot 10^3}{281,9 \cdot 58,9} = 26,7 \text{ м}^2.$$

Активна поверхня холодильного циліндра:

$$F_{ц} = \pi \cdot D \cdot B' \cdot \phi_{ц} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 4,25 \cdot 0,67 = 13,4 \text{ м}^2,$$

де  $\phi_{ц} = 0,67$  – доля обхвату циліндра полотном;

$D = 1,5 \text{ м}$  – діаметр циліндра зовнішній;

$B' = B + 0,05 = 4,25 \text{ м}$  – ширина паперового полотна.

Число холодильних циліндрів:

$$n = \frac{F}{F_{ц}} = \frac{26,7}{13,4} = 1,993.$$

Приймаємо  $n = 2$ .

Витрати води на охолодження картонного полотна:

$$G_B = \frac{Q}{C_B \cdot (t_{кв} - t_{пв})} = \frac{444,05 \cdot 10^3}{4190 \cdot (35 - 17)} = 5,88 \text{ кг/с.}$$

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: внаслідок виконаного розрахунку приймаємо для установки 2 холодильних циліндри.

## 5.2 Розрахунок основних елементів циліндра

Метою розрахунку – є перевірочний розрахунок циліндра на міцність та жорсткість.

Розрахунок виконуємо за вихідними даними.

### 5.2.1 Силевий розрахунок

Схема навантаження циліндра холодильного наведена на рисунку 5.2.1.

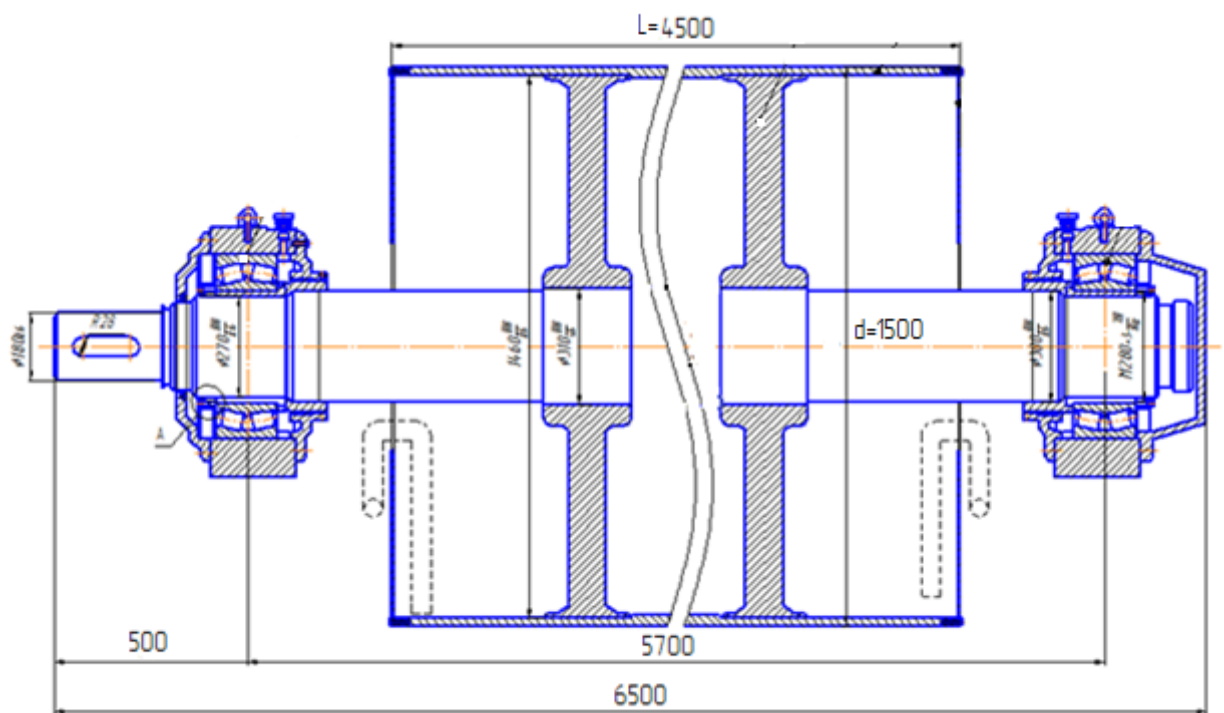


Рисунок 5. 2. 1 – Схема циліндра холодильного

Метою розрахунку є визначення сил, що діють на циліндр холодильний.

Розрахунок виконуємо за методикою, викладеною в [9].

Вихідні дані:

- швидкість машини $v$ , м/с	8.3;
- натяг сітки $S$ , Н/м	$2,5 \cdot 10^3$ ;
- питома сила тяжіння води $\rho$ , Н/м <sup>2</sup>	$9,81 \cdot 10^3$ ;
- довжина корпусу циліндра $L$ , м	4,5;
- діаметр корпусу циліндра $D$ , м	1,5;
- товщина корпусу циліндра $\delta$ , м	0,03;
- висота шару води $\delta_2$ , м	0,05.
- Матеріал цапф	СЧ25

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [9].

Розраховуємо силу тяжіння цапф за формулою :

$$G_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4} \cdot l_{\text{ц}} \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} \cdot 1 \cdot 7000 \cdot 9,81 = 5519 \text{ Н} \quad (5.1)$$

де  $d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи валу, м;

$l_{\text{ц}}$  – довжина цапфи, м;

$\rho_{\text{ц}}$  – густина матеріалу цапфи, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Сила тяжіння оболонки:

$$G_0 = 3,14(R_1^2 - R_2^2)\rho_0 \cdot g \cdot A = 3,14 \cdot (0,75^2 - 0,72^2) \cdot 7000 \cdot 9,81 \cdot 4,5 = 42790 \text{ Н}, \quad (5.2)$$

де  $R_1$  – зовнішній радіус циліндра, м;

$R_2$  – внутрішній радіус циліндра, м;

$A$  – довжина оболонки циліндра, м;

$\rho_0$  – густина матеріалу оболонки, кг/м<sup>3</sup>.

Загальна сила тяжіння:

$$G = 2 \cdot G_{\text{ц}} + G_0 = 2 \cdot 5519 + 42790 = 53828 \text{ Н}, \quad (5.3)$$

Питоме навантаження від сили тяжіння циліндра:

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{ц}} = \frac{G}{L} = \frac{53828}{4,5} = 11961 \text{ Н/м}, \quad (5.4)$$

Питоме навантаження від натягу сукна:

$$q_{\text{н}} = 2S = 2 \cdot 2,5 \cdot 10^3 = 5000 \text{ Н/м}, \quad (5.5)$$

Питоме навантаження від сили тяжіння води:

$$q_{\text{к}} = \pi \cdot (D - 2\delta_2) \cdot \delta_2 \cdot \rho \cdot g = 3,14 \cdot (1,5 - 0,05) \cdot 0,05 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 2198 \text{ Н/м} \quad (5.6)$$

де  $\delta_2$  – товщина шару води в циліндрі, м.

Сумарне питоме навантаження, розподілене по довжині бочки циліндру:

$$q = q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_{\text{к}} = 11961 + 5000 + 2198 = 19159 \text{ Н/м}. \quad (5.7)$$

Реакція в опорах:

$$R = \frac{qL}{2} = \frac{19159 \cdot 4,5}{2} = 43107 \text{ Н}. \quad (5.8)$$

Висновок: визначено сили, що діють на циліндр холодильний.

### 5.2.2 Розрахунок корпусу циліндра на міцність і жорсткість

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.2

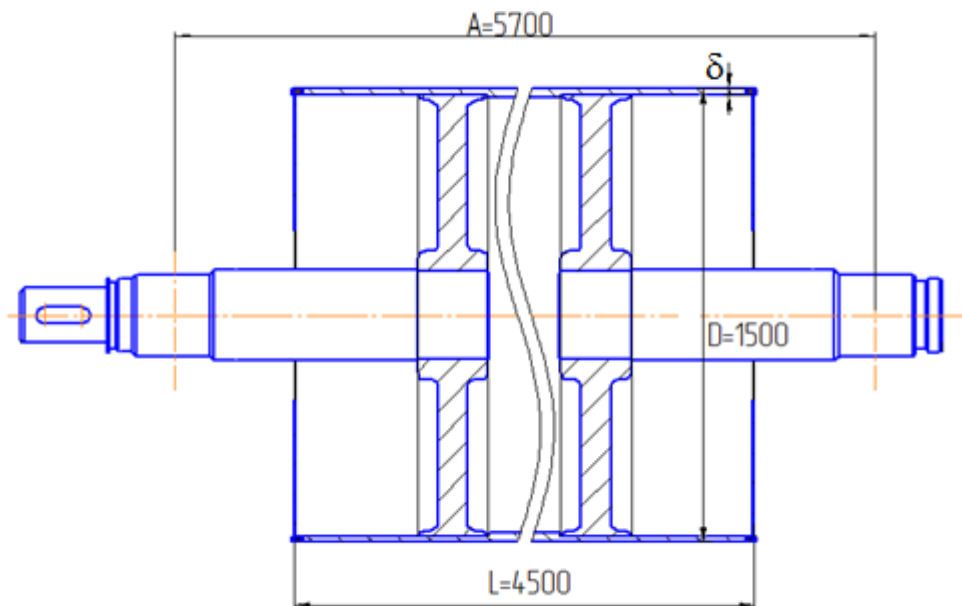


Рисунок 5.2.2 – Розрахункова схема

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Метою розрахунку є перевірка холодильного циліндра на міцність і жорсткість.

Вихідні дані:

- швидкість машини  $v$ , м/с 8.3 ;
- густина матеріалу корпусу(сірий чавун)  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>  $7 \cdot 10^3$ ;
- границя міцності матеріалу корпусу  $\sigma_B$ , МПа [10] 323,33;
- довжина оболонки циліндра  $L$ , м 4,5;
- відстань між підшипниками  $A$ , м 5,7;
- діаметр корпусу циліндра  $D$ , м 1,5;
- товщина корпусу циліндра  $\delta$ , м 0,03;
- допустимий запас міцності [10]  $[n]$  7.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [9].

Найбільший згинаючий момент:

$$M = \frac{q \cdot A^2}{4} = \frac{19159 \cdot 5,7^2}{4} = 155618 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору в перетині I-I:

$$W = 0,1D^3 \left[ 1 - \left( 1 - \frac{2\delta}{D} \right)^4 \right] = 0,1 \cdot 1,5^3 \cdot \left[ 1 - \left( 1 - \frac{2 \cdot 0,03}{1,5} \right)^4 \right] = 0,050 \text{ м}^3.$$

Найбільше напруження згинання:

$$\sigma_3 = \frac{M}{W} = \frac{155618}{0,05} = 3112360 \text{ Па}.$$

Напруження по колу, що створюється відцентровою силою(для матеріалу корпусу):

$$\sigma_{\phi 1} = \rho v^2 = 7 \cdot 10^3 \cdot 8.3^2 = 482230 \text{ Па}.$$

Напруження по колу, що створюється відцентровою силою(для води):

$$\sigma_{\phi 2} = \rho v^2 = 1 \cdot 10^3 \cdot 8.3^2 = 68890 \text{ Па}.$$

Загальне напруження по колу циліндра:

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} = 482230 + 68890 = 551120 \text{ Па.}$$

Осьове напруження в корпусі не враховуємо внаслідок його малості.

Найбільше сумарне згинаюче напруження в корпусі:

$$\sigma_z = \sigma_3 + \sigma_{zp} = 3112360 + 0 = 3112360 \text{ Па.}$$

Розрахункове напруження  $\sigma_{\text{розр}}$  приймаємо як більше за значенням з  $\sigma_{\phi}$  і  $\sigma_z$ :

$$\sigma_{\text{розр}} = 3112360 \text{ Па}$$

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_{\text{розр}}} = \frac{323,33 \cdot 10^6}{3112360} = 103 > [n] = 7.$$

Модуль пружності оболонки [10] :  $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$

Момент інерції:

$$I = \frac{\pi \cdot (d_1^4 - d_2^4)}{64} = \frac{3.14(1.5^4 - 1.44^4)}{64} = 0.0374 \text{ м}^4.$$

$d_1$ - зовнішній діаметр оболонки

$d_2$ - внутрішній діаметр оболонки

Прогин циліндра:

$$f = \frac{5 \cdot \frac{q}{2} \cdot A^4}{384EI} = \frac{5 \cdot \frac{19159}{2} \cdot 5,7^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0.0374} = 0.000017 \text{ м}$$

Відносний прогин вала:

$$\zeta = \frac{f}{A} = \frac{0,000017}{5,5} = 0,0000029 \text{ м}$$

Умова жорсткості:

$$\zeta \leq [\zeta] = \frac{1}{6000} - \frac{1}{8000}$$

$$0.0000029 \leq [\zeta] = \frac{1}{6000} - \frac{1}{8000} = 0.00016$$

Висновок: Розрахований відносний прогин є менше допустимого, умова міцності і жорсткості виконується.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.2.3 Розрахунок цапф циліндра холодильного

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.3.

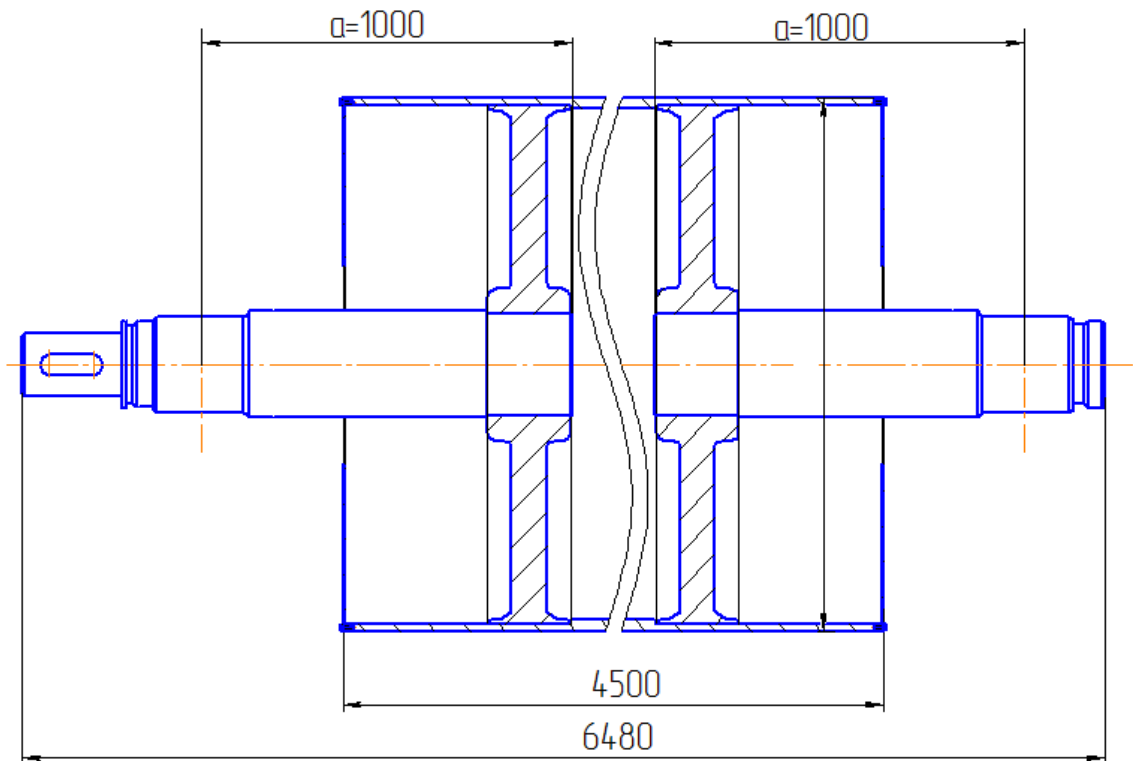


Рисунок 5.2.3 – Розрахункова схема

Метою розрахунку є перевірка цапф холодильного циліндра на міцність.

Вихідні дані:

- відстань до осі підшипника  $a$ , м 1;
- зовнішній діаметр цапфи  $D$ , м 0,3;
- внутрішній діаметр цапфи  $d$ , м 0,26;
- допустимий запас міцності  $[n]$  [11] 1,5.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [9]

Згинаючий момент:

$$M_3 = R \cdot a = 43107 \cdot 1 = 43107 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент інерції:

$$I_z = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64} = \frac{3.14(0.3^4 - 0.26^4)}{64} = 0.0002 \text{ м}^4.$$

Момент опору:

$$W = \frac{2 \cdot I_z}{D} = \frac{2 \cdot 0.0002}{0.3} = 0.0012 \text{ м}^3.$$

Напруження згинання:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} = \frac{43107}{0.0012} = 35922500 \text{ Па.}$$

Допустима границя концентрації напружень:

$$[K_\sigma]_{\text{дц}} = \frac{K_{\sigma\text{ц}} + K_{\sigma\text{ц}}^n - 1}{\xi_\sigma} = \frac{1,7 + 1 - 1}{0,68} = 2,5,$$

де  $K_{\sigma\text{ц}}$  – коефіцієнт концентрації напружень,  $K_{\sigma\text{ц}} = 1,7$  [9];

$K_{\sigma\text{ц}}^n$  - коефіцієнт стану поверхні,  $K_{\sigma\text{ц}}^n = 1$  [9];  $\xi_\sigma$  - масштабний фактор,  $\xi_\sigma = 0,68$  [9].

Границя витривалості:

$$[\sigma_{-1}]_{\text{дц}} = [\sigma_{-1}]_{\text{ц}} \cdot \frac{1}{[K_\sigma]} = \frac{323,33 \cdot 10^6}{2,5} = 130000000 \text{ Па.}$$

Запас міцності:

$$n_{\text{ц}} = \frac{[\sigma_{-1}]_{\text{дц}}}{\sigma_3} = \frac{130000000}{35922500} = 3,61.$$

$$n_{\text{ц}} > [n] = 1,5.$$

Отже, умова міцності виконується.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 5.2.4 Розрахунок кількості болтів кріплення кришок.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.2.4.

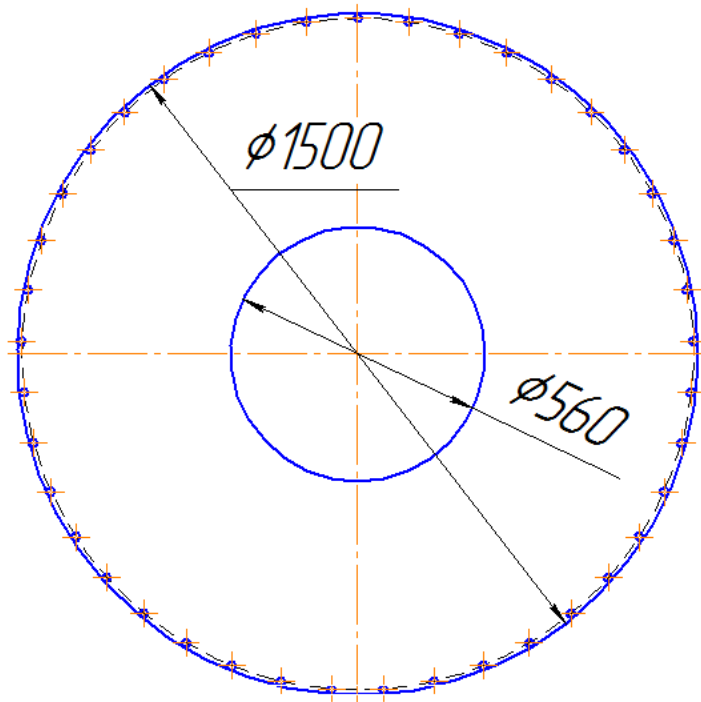


Рисунок 5.2.4 – Розрахункова схема розташування болтів

Метою розрахунку є визначення кількості болтів

Розрахунковий тиск:

$$P = \rho \cdot V^2 = 1000 \cdot 8.3^2 = 68890 \text{ Па}$$

Площа кільця води:

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = \frac{3.14}{4} (1.5^2 - 1.44^2) = 0.138 \text{ м}^2$$

Розрахунок сили:

$$Q = P \cdot F = 68890 \cdot 0.138 = 9506 \text{ Н}$$

Число болтів:

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{9506}{230} = 41 \text{ шт}$$

приймаємо кількість болтів  $n=41$

Шаг болтів:

$$N = \frac{\pi \cdot D}{n} = \frac{3.14 \cdot 1.5}{41} = 0.115 \text{ м}$$

### 5.2.5 Вибір і розрахунок підшипників

Схема навантаження підшипників наведена на рисунку 5.2.5.

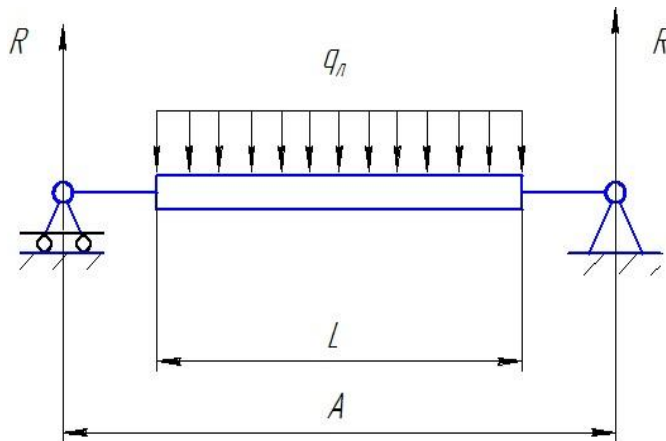


Рисунок 5.2.5 – Розрахункова схема

Метою розрахунку є вибір підшипників і визначення їх довговічності. Розрахункова схема зображена на рисунку 5.2.5.

Вихідні дані:

- питоме навантаження від натягу сітки  $q_n$ , Н/м 5000;
- питоме навантаження від сили тяжіння валу  $q_{ц}$ , Н/м 11961;
- відстань між підшипниками  $A$ , м 5,7;
- коефіцієнт радіального навантаження  $X$  [11] 1;
- коефіцієнт осьового навантаження  $Y$  [11] 0;
- коефіцієнт обертання  $K_K$  [11] 1;
- коефіцієнт температурний  $K_T$  [11] 1;
- коефіцієнт безпеки  $K_{\sigma}$  [11] 1,2.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [11].

Сумарне питоме навантаження цапф:

$$q = q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_{\text{к}} = 11961 + 5000 + 2198 = 19159 \text{ Н/м.}$$

Приведена сила:

$$Q = qA = 19159 \cdot 5,7 = 109206,3 \text{ Н.}$$

З каталогу підшипників фірми SKF вибираємо двохрядний циліндричний роликопідшипник легкої серії № NNU 4156 K30M/W33, в якого  $D = 460 \text{ мм}$ ,  $d = 280 \text{ мм}$ ,  $B = 180 \text{ мм}$ ,  $m = 120 \text{ кг}$ , базове динамічне навантаження  $C = 750000 \text{ Н}$ , лімітуюча швидкість обертання  $n_{\text{кр}} = 1000 \text{ об/хв}$

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q}{2} (XK_{\text{к}} + 0,1Y) K_{\text{Т}} K_{\sigma} = \frac{109206,3}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 65523,7 \text{ Н}.$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left( \frac{C}{Q_{\text{пр}}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left( \frac{750000}{65523,7} \right)^{\frac{10}{3}} = 3379 \text{ млн. обертів;}$$

$$L_n = \frac{10^6 L^0}{60 n_p} = \frac{3379 \cdot 10^6}{60 \cdot 564} = 100000 \text{ год}$$

$$L_n \geq [L] = 100000 \text{ год.}$$

В результаті даного розрахунку з'ясувалось, що вибраний підшипник підходить за довговічністю.

### 5.3 Розрахунок потужності приводу

Мета розрахунку: розрахувати потужність приводу методом тягових зусиль та вибрати електродвигун необхідної потужності для надійної роботи холодильної частини.

Вихідні дані:

Швидкість машини $V$ , м/с	8,3;
Діаметр цапфи $d_{\text{ц}}$ , м	0,3;
Діаметр холодильного циліндра $D$ , м	1,5;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Обрізна ширина картону В, м	4,2;
Сила тяжіння циліндра G, Н	53828
Внутрішній діаметр циліндра D <sub>вн</sub> , м	1,44;
Час пуску τ <sub>пус</sub> , с	30.

Методика розрахунку представлена в [9].

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках:

$$T_1 = G \cdot f_1 \cdot \frac{d_{\text{ц}}}{D} = 53828 \cdot 0,02 \cdot \frac{0,3}{1,5} = 215,3 \text{ Н},$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя для підшипників кочення  $f_1=0,02$ .

Зусилля тертя на подолання тертя шабера по поверхні холодильного циліндра:

$$T_2 = q_{\text{л}} \cdot B \cdot f_2 = 300 \cdot 4,5 \cdot 0,15 = 202,5 \text{ Н},$$

де  $q_{\text{л}} = 140 \div 150 \text{ Н/м}$  – лінійний тиск притискання [9];

$f_2$  – коефіцієнт тертя, для холодильної частини,  $f_2 = 0,15$ . [9]

Тягове зусилля від натягу картону:

$$T_3 = q \cdot B = 400 \cdot 4,5 = 1700 \text{ Н},$$

де  $q$  – сила натягу картону  $q=400 \text{ Н/м}$ .

Сила опору тертя води по зовнішній поверхні патрубку для подачі води:

$$T_4 = \xi \cdot F \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2} = \xi \cdot \frac{\pi \cdot d}{2} \cdot h_1 \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2} = 1,4 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,07}{2} \cdot \frac{8,3^2 \cdot 1000}{2} \cdot 0,04 = 211 \text{ Н},$$

де  $\rho$  – густина води;

$\xi$  – коефіцієнт опору середовища;

$d$  – діаметр патрубку;

$h_1$  – погрузна висота патрубку.

Сила опору тертя води по зовнішній поверхні патрубку для відводу води:

$$T_5 = \xi \cdot F \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2} = \xi \cdot \frac{\pi \cdot d}{2} \cdot h_2 \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2} = 1,4 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,07}{2} \cdot \frac{8,3^2 \cdot 1000}{2} \cdot 0,02 = 105 \text{ Н}$$

Тягове зусилля для 1 циліндра:

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 = 213,3 + 2 \cdot 202,5 + 1700 + 211 + 105 = 2636,3 \text{ Н.}$$

Сумарне тягове зусилля в групі циліндрів:

$$T_c = T \cdot n = 2636,3 \cdot 2 = 5272,6 \text{ Н,}$$

де  $n$  – кількість холодильних циліндрів в групі.

Потужність приводу:

$$N = \frac{T_c \cdot V \cdot k_M \cdot k_v}{1000} = \frac{5272,6 \cdot 8,3 \cdot 1,5 \cdot 1,06}{1000} = 70 \text{ кВт,}$$

де  $k_M$  – коефіцієнт, що враховує залежність тягового зусилля від швидкості,  $k_M=1,5$  [9].

$k_v$  – коефіцієнт, що враховує залежність тягового зусилля від швидкості,  $k_v=1,06$  [9].

Потужність двигуна:

$$N_{дв} = \frac{N}{\eta} = \frac{70}{0,87} = 80 \text{ кВт,}$$

Де  $\eta$  – ККД приводу.

Визначаємо потужність двигуна в пусковий момент:

$$N_{дв}^{\Pi} = N_{дв} \cdot k_{\Pi} = 80 \cdot 1,5 = 120 \text{ кВт,}$$

Де  $k_{\Pi}$  – пусковий коефіцієнт, для холодильної частини  $k_{\Pi}=1,5$  [9].

**Висновок:** за результатами проведених розрахунків визначено необхідну потужність електродвигуна, яка становить  $N_{дв} = 80$  кВт. Враховуючи що під час вмикання холодильної групи пускова потужність більша за робочу ( $N_{дв}^{\Pi} = 120$  кВт), з урахуванням перевантаження приводу холодильних циліндрів обираємо електродвигун постійного струму марки WEG W22 4P 315S/M потужністю 150 кВт.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Вибір типу двигуна

Схема синхронного двигуна постійного струму серії WEG W22 4P 315S/M, зображена на рисунку 5.4.

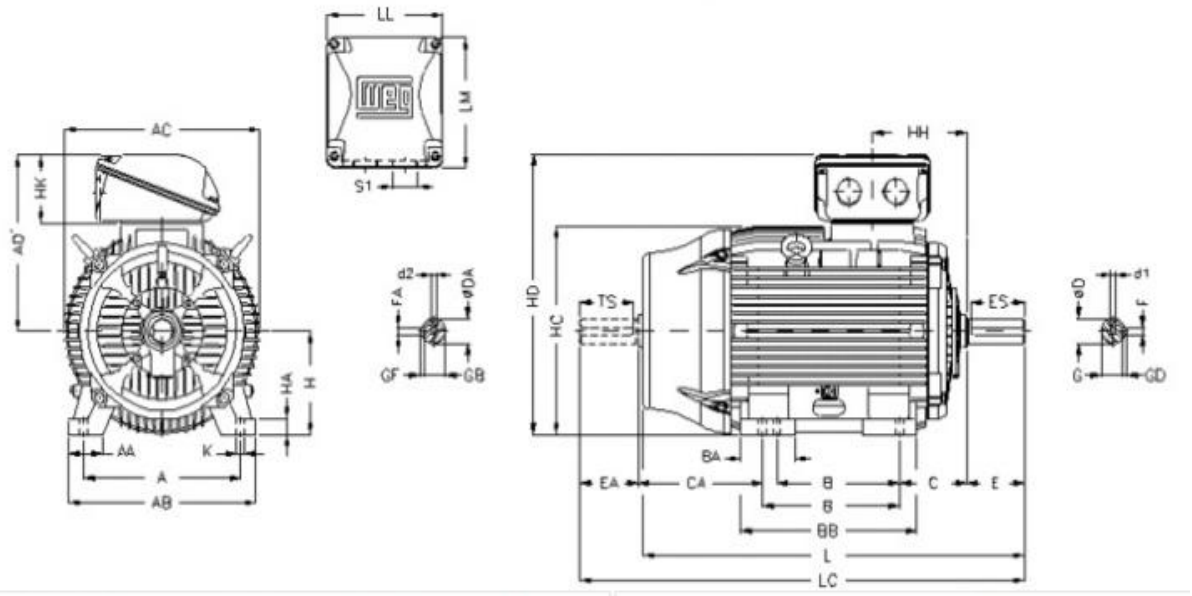


Рисунок 5.4 - Схема двигуна WEG W22 4P 315S/M

Умови експлуатації двигуна:

- висота над рівнем моря не більше 1000 м;
- температура навколишнього середовища від плюс 40 °C до мінус 40°C.

Технічна характеристика двигуна подана в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика електродвигуна

Потужність, кВт	Синхронна частота обертання, об./хв.	ККД, %	Коефіцієнт потужності	Рівень шуму, дБ(А)	Маса, кг
150	1500	94,5	0,89	78	880

Висновок: для приводу холодильної частини, що проектується, обираємо електродвигун постійного струму WEG W22 4P 315S/M потужністю 150 кВт.

## 5.5 Розрахунок сітконатяжки

Мета розрахунку: є визначення тиску в пневмоциліндрі, необхідного для переміщення кареток з натяжним валом, а також зусилля робітника, необхідне для початкового натягування сітки вручну.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.6.

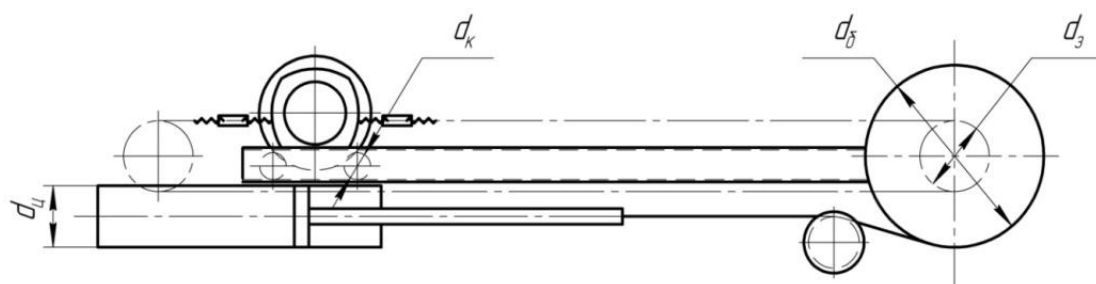


Рисунок 5.5 – Схема сітконатяжки

Вихідні дані:

Натяг сітки  $S$ , Н 3500;

Ширина сітки  $B_c$ , 4,2;

Маса натяжного валу  $m_b$ , кг 1500;

Діаметр колеса каретки  $d_k$ , м 0,115;

Діаметр початкового кола зірочки  $d_z$ , м 0,288;

Діаметр барабану  $d_b$ , м 0,74;

Діаметр робочої порожнини пневмоциліндра  $d_{ц}$ , м 0,25;

Діаметр штока пневмоциліндра  $d_{ш}$ , м 0,063;

Передатне число редуктора  $i$  549;

Діаметр маховика  $d_m$ , м 0,65;

Умови розрахунку:

Коефіцієнт тертя кочення колеса каретки по направляючим  $f_k$  0,1;

Коефіцієнт тертя в цапфі  $f_{ц}$  0,05;

Коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі  $\eta_{л.п}$  0,85;

Коефіцієнт корисної дії барабану $\eta_6$	0,9;
Коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра $\eta_{ц}$	0,8;
Коефіцієнт корисної дії редуктора $\eta_p$	0,8;
Коефіцієнт, що враховує перекося $\alpha_n$	1.

Розрахунок здійснюється згідно з методикою, викладеною в [7].

Зусилля натягу двох гілок сітки:

$$P = 2 \cdot S \cdot B_c = 2 \cdot 3500 \cdot 4,2 = 29400H.$$

Опір руху каретки:

$$P_1 = \frac{20 \cdot m_{\theta}}{d_k} \cdot \left( f_k + f_u \cdot \frac{d_k}{2} \right) = \frac{20 \cdot 1500}{0,115} \cdot \left( 0,1 + 0,05 \cdot \frac{0,115}{2} \right) = 26836,96H.$$

Сумарне зусилля на тягових ланцюгах:

$$P_c = P + P_1 = 29400 + 26836,96 = 56236H.$$

Крутний момент на зірочках

$$M_3 = P_c \cdot \frac{d_3}{2 \cdot \eta_{л.н}} = 56236 \cdot \frac{0,288}{2 \cdot 0,85} = 9527H \cdot m.$$

Зусилля на тросі барабану:

$$T = \frac{2 \cdot M_3}{d_6 \cdot \eta_6} = \frac{2 \cdot 9527}{0,74 \cdot 0,9} = 28609H.$$

Необхідний тиск в пневмоциліндрі:

$$p_u = \frac{4 \cdot T}{\pi \cdot (d_u^2 - d_{ui}^2) \cdot \eta_u} = \frac{4 \cdot 28609}{3,14 \cdot (0,25^2 - 0,063^2) \cdot 0,8} = 778476 \text{ Па} = 0,8 \text{ МПа}.$$

Крутний момент на маховику:

$$M_m = \frac{M_3}{\eta_6 \cdot \eta_p \cdot i} = \frac{9527}{0,9 \cdot 0,8 \cdot 549} = 24,1H \cdot m.$$

Зусилля робітника:

$$P_{роб} = \frac{2 \cdot M_m}{d_m} = \frac{2 \cdot 24,1}{0,65} = 7,71H.$$

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що для переміщення кареток з натяжним валом в пневмоциліндрі необхідно створити тиск 0.8 МПа, а робітник має прикласти до маховика зусилля в 7,71 Н.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Рекомендації з монтажу і експлуатації

В кінці сушильної частини знаходиться холодильна частина КРМ яка складається з двох холодильних циліндрів, сітконатяжок, шаберів ( нижніх або верхніх) та окремого приводу. Холодильну частину машини монтують разом з сушильною частиною. За обсягом монтажних робіт монтаж холодильної частини займає від 5 до 7 відсотків від загального обсягу монтажу машини.

Монтаж сушильної та холодильної частини машини відбувається в чіткій технологічній послідовності. Великі за габаритними розмірами частини машини подають на місце установки у встановленому порядку.

Початок монтажних робіт холодильної частини КРМ починається з розчистки траншеї та колодців від будівельного сміття та зрошення їх водою. При монтажі персонал буде користуватися такими інструментами як:

- рулетки;
- лінійки;
- гідростатичні рівні;
- відвіси;
- лекальна лінійка;
- набори металевих шупів;
- струна від роялю;
- оптичний квадрант;
- теодоліти.

Після підготовчих робіт встановлюється шина. При монтажі шини необхідно дотримуватися високої точності в горизонтальному та осьовому положеннях. Поздовжня вісь холодильної частини машини обирається базою для установки шин по ширині. Впродовж поздовжньої вісі натягується проволока зі сталі діаметром 0,5- 1 мм.

Установка фундаментних шин проводиться в два етапи:

- 1) попереднє прокладення, контроль, заливка фундаментних болтів;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) кінцевий контроль і перевірка, до заливка фундаменту.

Прокладають шини згідно до складальних креслень. Всі поверхні які контактують з бетонною сумішшю очищають до металічного блиску. Шини прокладають по пласким, гладким і укладеним горизонтально металевим підкладкам. Колодці з фундаментними болтами заповнюють бетонною сумішшю до верхньої точки фундаменту.

Після затвердіння бетонної суміші необхідно виконати затяжку фундаментних болтів та кінцеву перевірку на дотримання наступних умов:

- 1) різниця висот робочих поверхонь шин не більше 0,05 мм ширини станка;
- 2) негоризонтальність робочих поверхонь не більше 0,02 мм/м;
- 3) допуск непаралельності бокових поверхонь не більше 0,3 мм;
- 4) відхилення від площини оброблених торцевих поверхонь не повинно перевищувати 0,2 мм.

Якщо наведені вище умови виконуються то персонал приступає до кінцевої підливки шин.

Після того як монтаж шин завершено на них встановлюють станини. По наміченим вісям холодильних циліндрів на шинах встановлюють холодильні циліндри з підшипниками, спочатку нижній, а потім верхній та приступають до перевірки їх на:

- відхилення від горизонтальності осей циліндрів холодильних;
- напаралельність осі циліндра відносно осі;
- не площинність циліндрів холодильних відносно торцевих поверхонь станин.

Далі монтаж виконується в наступній послідовності:

- 1) установка сукноведучих валів;
- 2) установка шаберів на напрямляючі станини;
- 3) установка синхронізуючого валу на шини;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) установка сітконатяжок, огорож обертових частин машини та освітлення;

5) установка гальма;

6) установка приводу;

7) монтаж захисних охорож, містків для обслуговування, сходів.

8) монтаж патрубків для подачі та відведення води з циліндрів;

9) монтаж системи трубопроводів;

10) монтаж електрообладнання;

11) монтаж автоматики.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

Використання в апаратах стандартних та уніфікованих деталей сприяє скороченню витрат, спрощує ремонт обладнання та зменшує час необхідний для обслуговування. Стандартні деталі є взаємозамінними, та не потребують спеціального обладнання для монтажу.

Рівень стандартизації та уніфікації визначає насичення виробу стандартизованими та уніфікованими деталями, та оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Розрахунок ведеться за [12].

Коефіцієнт стандартизації :

$$K_c = \frac{n_c}{n_{заг}} = \frac{744}{978} = 0,76,$$

де  $n_c$  - кількість стандартних деталей,  $n_c = 744$ ;

$n_{заг}$  - загальна кількість деталей,  $n_{заг} = 978$ .

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_{ун}}{n_{заг}} = \frac{744 + 55}{978} = 0,81,$$

де  $n_{ун}$  -кількість уніфікованих деталей,  $n_{ун} = 55$ .

Висновок: розраховано коефіцієнти стандартизації та уніфікації, які становлять:  $K_c = 0,76$ ;  $K_y = 0,81$ .

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

### 8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення

Целюлозно-паперове виробництво – одне із найважливіших галузей сучасної промисловості в Україні. Це дуже складне багатоопераційне виробництво, яке характеризується значною матеріалоемністю та трудомісткістю. Дана галузь промисловості споживає значну кількість хімічних продуктів, природної сировини та різних видів волокнистих напівфабрикатів. Крім того, виробництво пов'язане з великими витратами теплової і електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів і супроводжується утворенням виробничних відходів та стічних вод.

Картоноробні машини являють собою невід'ємний вид використовуваного в ЦПВ обладнання. Вони є головною ланкою в технологічних лініях виробництва всіх видів паперу та картону.

На сьогоднішній день холодильна частина є важливою ланкою картоноробної машини, без якої процес виробництва картону значно би ускладнився. Так як після сушіння картону полотно має несприятливі для каландрування та намотування рулони, холодильна частина його охолоджує та частково зволожує, що мінімілізує ризик розриву полотна при подальших процесах. Охолодження супроводжується значними тепловими та енергозатратами. Саме тому актуальним залишається питання пошуку шляхів зниження капітальних та поточних технологічних затрат на холодильну частину [13].

В даному дипломному проєкті представлена холодильна частина картоноробної машини. Рішенням по модернізації холодильної частини є розробка нової конструкції холодильного циліндра. Це дозволить інтенсифікувати процес охолодження та зменшити енергозатрати на процес.

Алгоритм техніко-економічних показників базової та модернізованої конструкції (холодильного циліндра) представлено в [14].

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню холодильної частини КРМ

Вдосконалення апарата розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки. Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай вдосконалення устаткування хімічної галузі промисловості забезпечує збільшення його продуктивність на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Таблиця 8.1 – Техніко-економічні показники холодильного циліндру

Найменування показників	Одиниця виміру	Холодильний циліндр до модернізації	Холодильний циліндр після модернізації
1	2	3	4
Продуктивність по абсолютно сухому картону	кг/с	6,19	6,53
Швидкість машини	м/с	8,3	8,3
Витрати води	кг/с	6,1	5,88
Основний матеріал	—	СЧ25	СЧ25
Обрізна ширина картону	м	4,2	4,2
Робочий тиск в циліндрі	МПа	0,5	0,07
Маса холодильного циліндру	кг	7000	5328
Тривалість ремонтного циклу	Рік	1,5	2

Продовження таблиці 8.1

Температура картону до охолодження	°C	80	100
Температура картону після охолодження	°C	70	75
Потужність електродвигуна	кВт	190	150
Кількість холодильних циліндрів	шт	2	2
Ринкова ціна нового аналогічного устаткування	тис. грн	—	350
Балансова (первісна) вартість устаткування	тис. грн	300	—
Залишкова вартість устаткування, яке підлягає модернізації	тис. грн	0	—

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат, який розраховується за формулою:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{Hi} + \alpha\beta + S_{\alpha_i}},$$

де  $M_i$  – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.; (поточних);

$S_{e_i}$  – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

$K_{Hi}$  – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

$\alpha$  – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;



$S_{\alpha_i}$  – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Величина сукупних витрат на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{МОД}} \cdot K_i = 300000 \cdot 0,06 = 18000 \text{ грн},$$

де  $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{МОД}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість теплообмінника  $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{МОД}} = 300$  тис. грн.;

$K_i$  – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку  $K_i = 0,06$  для картоноробних машин.

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрат на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{e_i}$  може бути розрахована по формулі:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{МОД}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{НОВ}} = 0,12 \cdot 300000 - 0,1 \cdot 350000 = 1000 \text{ грн},$$

де  $q_{b_i}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку  $q_{b_i} = 0,12$  – для картоноробних машин;

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$q_{b_n}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування, в даному випадку  $q_{b_n} = 0,1$  для картоноробних машин;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 350000$  грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10250}{9700} = 1,057,$$

де  $T_{\text{мод}}$  – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$  – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі [14]:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}} = \frac{6,19}{6,53} = 0,94,$$

де  $\Pi_i = 6,19$  кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$\Pi_{\text{нов}} = 6,53$  кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на модернізацію устаткування.

Величина коефіцієнта $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{p_i} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} + \alpha\beta + S_{\alpha_i}} = 1 - \frac{18000 + 1000}{350000 + 0,94 \cdot 1,057 + 0} = 0,94$$

де  $S_{\alpha_i} = 0$  – втрати від не до амортизації устаткування, яке підлягає модернізації;

$K_{H_i}$  – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

Висновок: оскільки  $n_{pi} = 0,94 > 0$ , то модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему «Модернізація холодильної частини картоноробної машини», на основі літературного огляду і патентного дослідження встановлено напрям розвитку конструкції холодильних циліндрів і фізичну сутність процесів які відбуваються за охолодження.

На швидкохідних машинах де вода створює водяне кільце в якому тиск води створений відцентровою силою досягає 10 м. вод. ст., встановлюють черпаки для відведення відпрацьованої води, що є неефективно. Наприклад, на Київському КПК.

Практично на всіх нових машинах видалення води здійснюють за допомогою повітря стиснутого до 0,2 – 0,3МПа. Це потребує встановлення спеціальних водовпускних головок з торцевими ущільненнями, що збільшує металоємність, вартість і зменшує надійність циліндра.

Також не враховується те, що під дією відцентрових сил вода розділяється на шар холодної води, який контактує з внутрішньою поверхнею циліндра і теплої води яка збирається зверху холодного шару . Для подачі води в такі циліндри приміняють сприски, струмені води з яких перемішують теплу і холодну воду, тим самим зменшуючи рушійну силу процесу переносу тепла.

В дипломному проекті розроблено циліндр в якому усунені вказані недоліки, в результаті усунення процесу перемішування холодної і теплої води шляхом положення впускного і випускного патрубків, що збільшило рушійну силу процесу.

Використано динамічний напір води для транспортування відпрацьованої води із циліндра без застосування стиснутого повітря, що дало змогу відмовитися від складних металоємних конструкцій водяних головок і зменшення маси торцевих кришок і корпусу циліндра.

Холодна вода переміщується по поверхні циліндра як поршень, рухаючись

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від одного патрубка до іншого без повздовжнього перемішування.

Виконано аналіз і порівняння розробленої конструкції холодильного циліндра з кращими вітчизняними і світовими аналогами в результаті чого встановлено, що розроблений холодильний циліндр не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах.

Здійснені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції холодильної частини КРМ. Виконаний параметричний розрахунок, і розрахунки на міцність основних вузлів та деталей (розрахунок корпусу циліндра на міцність і жорсткість, розрахунок кількості болтів для кріплення діафрагм, силовий розрахунок, вибір і розрахунок підшипників, визначення потужності приводу). Розрахунки на міцність і жорсткість виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна документація проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V12 та включає в себе чотири аркуші формату А1, що містять: складальне креслення холодильної частини КРМ, складальне креслення установки холодильного циліндра, холодильного циліндра та сітконатяжки, а також креслення деталей на аркуші формату А3. До складальних креслень складені специфікації.

Результати проведених розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку, що включає дані відповідності розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. Наведені рекомендації з виготовлення, монтажу й експлуатації розробленої холодильної частини.

За період виконання проекту отримано один деклараційний патент України на корисну модель №133228 F01P 3/04, а також опубліковано дві тези на XXIII та на XXIV Всеукраїнських науково – практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів».

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация холодильной части картоноделательной машины», на основе литературного обзора и патентного исследования установлено направление развития конструкции холодильных цилиндров и физическую сущность процессов происходящих при охлаждении.

На быстроходных машинах где вода создает водяное кольцо в котором давление воды созданное центробежной силой достигает 10 м. вод. ст., устанавливают черпаки для отвода отработанной воды, что является неэффективным. Например, на Киевском КПК.

Практически на всех новых машинах удаления воды осуществляют с помощью воздуха сжатого до 0,2 - 0,3 МПа. Это требует установки специальных водовпускных головок с торцевыми уплотнениями, что увеличивает металлоемкость, стоимость и уменьшает надежность цилиндра.

Также не учитывается то, что под действием центробежных сил вода разделяется на слой холодной воды, который контактирует с внутренней поверхностью цилиндра и теплой воды которая собирается сверху холодного слоя. Для подачи воды в такие цилиндры применяют sprays, струи воды из которых перемешивают теплую и холодную воду, тем самым уменьшая движущую силу процесса переноса тепла.

В дипломном проекте разработано цилиндр в котором устранены указанные недостатки, в результате устранения процесса перемешивания холодной и теплой воды путем положения впускного и выпускного патрубков, увеличило движущую силу процесса.

Использовано динамический напор воды для транспортировки отработанной воды из цилиндра без применения сжатого воздуха, что позволило отказаться от сложных металлоемких конструкций водяных головок и уменьшило массу торцевых крышек и корпуса цилиндра.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Холодная вода перемещается по поверхности цилиндра как поршень, двигаясь от одного патрубка к другому без продольного перемешивания.

Выполнен анализ и сравнение разработанной конструкции холодильного цилиндра с лучшими отечественными и мировыми аналогами в результате чего установлено, что разработанный холодильный цилиндр не содержит принципиальных решений предложенных в рассмотренных патентах.

Осуществленные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции холодильной части КДМ. Выполнены параметрический расчет и расчеты на прочность основных узлов и деталей (расчет корпуса цилиндра на прочность и жесткость, расчет количества болтов крепления диафрагм, силовой расчет, выбор и расчет подшипников, определение мощности привода). Расчеты на прочность и жесткость выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Графическая документация проекта выполнена в среде КОМПАС 3D V12 и включает в себя четыре листа формата А1, содержащие: сборочный чертеж холодильной части КРМ, сборочный чертеж установки холодильного цилиндра, холодильного цилиндра и сетконатяжки, а также чертежи деталей на листе формата А3. К сборочным чертежам составлены спецификации.

Результаты проведенных расчетов внесены в расчетно-пояснительную записку, включающую данные соответствия разработанной конструкции требованиям техники безопасности. Приведены рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации разработанной холодильной части.

За период выполнения проекта получен один декларационный патент Украины на полезную модель №133228 F01P 3/04, а также опубликовано два тезиса на XXIII и на XXIV Всеукраинских научно - практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов».

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusions

In the diploma project of the educational qualification level "Bachelor" on the theme " Modernization of refrigerating part of cardboard machine", on the basis of the literature review and patent research, the direction of the design of the refrigeration cylinders and the physical nature of the processes occurring at the cooling have been established.

On high-speed machines where water forms a water ring in which water pressure created by centrifugal force reaches 10 m. of water column, drafts for waste water outlet are installed, which is ineffective. For example, on the Kyiv CPC.

On most of new machines water removal is being carried out by using air compressed to 0.2 - 0.3 MPa. This requires the installation of special tailpipes with end seals, which will increase metal intensity, cost and reduce the reliability of the cylinder.

Furthermore, it is not taken into account that under the action of centrifugal forces, water is divided into a layer of cold water, which contacts the inner surface of the cylinder and warm water, which is collected from above the cold layer. To supply water to such cylinders both suctions and water jets are used, from which warm and cold water are mixed, thereby reducing the driving force of heat transfer.

In the diploma project, a cylinder has been developed which eliminates such drawbacks as a result of removing the process of mixing cold and warm water due to the position of the inlet and outlet nozzles, which has increased the driving force of the process. The use of dynamic water pressure to transport waste water from the cylinder without the use of compressed air made it possible to abandon complex metal-intensive structures of water heads and reduce end caps and a cylinder body. Cold water moves along the surface of the cylinder as a piston, moving from one nozzle to another without longitudinally mixing.

To accomplish the task, an overview of structures has been carried out and based on it a reasonable choice of the design of the refrigeration cylinder has been made. The selected design has been analyzed and compared with the best domestic and world

					1551.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						72
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



analogues and thus it has been established that the device does not contain the principal solutions proposed in the examined patents.

The calculations confirming the efficiency and reliability of the design of a refrigeration unit of a cardboard machine are presented. Parametric calculation and calculations of strength of the main units and parts (calculation of the cylinder body for durability and rigidity, calculation of the number of bolts for fastening the diaphragms, power calculation, selection and calculation of bearings, determination of drive power) are done. Calculations for durability and stiffness are executed in accordance with the current state and industry standards.

The graphic part of the project is made in the COMPASS 3D V12 environment and includes four sheets of A1 format, which include: the scheme of the refrigeration unit of a cardboard machine, assembly drawing of the refrigeration cylinder and two drawings of the A3 format. Assembly drawings are accompanied with the specifications.

The results of the calculations have been summarized in the calculation and explanatory note, which includes data testifying the developed design to its compliance with the safety requirements. The recommendations for manufacturing, installation and operation of the developed device have been given.

During the project implementation period, one declarative patent of Ukraine for utility model No. 133228 F01P 3/04 has been received, and two theses on XXIII and XXIV All-Ukrainian scientific and practical conferences of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical manufactures and enterprises of building materials" have been published.

					1651.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Патент № 54774 (UA). МПК7 D21F5/00. Сушильний циліндр папероробної машини/ А.Ф. Кондаков.
2. Патент № 124512 (UA). МПК6 F01P 1/02. Циліндр холодильний/ О. А. Новохат, А. Р. Олійник.
3. Патент № 60155 (UA), МПК (2011.01) D21F 5/00, B21F 5/00. Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні/ В. В. Петров, І. І. Ігорівна.
4. Патент № 129585 (UA). МПК7 D21F1/60. Циліндр холодильний/ В. М. Марчевський(UA), Р. А. Нечипоренко(UA)..
5. Патент 4184268 (US). МПК7 D21F5/10. Dryer Drum for a papermaking machine/ A.C. Ravensburg - Appl. 09.01.2007. Publ. 12.03.2009..
6. Терещенко О.М. Основи охорони праці: навчальний посібник / О.М. Терещенко, І.В. Васюков, В.М. Дзюба – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2008. – 324 с.: іл..
7. Эйшлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины : учеб. для вузов/И.Я. Эйшлин. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Лесн. пром., 1970. - 624 с. : ил.
8. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, К.Г.Романков, А.А.Носков – Л.: Химия, 1987– 576 с. : ил.
9. Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства : в 2 т. /В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова– М.: Лесн. пром., 1981 –Т.2 :Бумагоделательные машины. – 264 с. : ил.
10. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: Підручник / О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. — 2-е вид., допов. І переробл. — К.: Вища шк., 2004. — 655 с.: іл.
11. Серенсен, С.В. Валы и оси. Конструирование и расчет/ С.В. Серенсен,М.Б. Громан, В. П. Когаев, Р. М. Шнейдерович / – М. : Физмат, 1970. 320 с. : ил.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

12. . Обеспечение и методы оптимизации надежности химических и нефтеперерабатывающих производств/ В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин, Г. Грун, В. Ной-манн. — М.; Химия, 1987. 272 с.

13. С.Ф. Покропивний, А.П. Новак «Ефективність інноваційно-інвестиційної діяльності». К.: КНЕУ, 1997. – 181 с.

14. А. М. Задольський. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету). Київ, 2010 р. – 27 с.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток А

### Документація до патентного дослідження

#### РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛБ51.09РП

Найменування теми Холодильний циліндр шифр теми ЛБ51.705441.000

Етап Проектування пристрою та його основних частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ51.07.04.2019

Обґрунтування регламенту пошуку

**Предмет пошуку:** - холодильний циліндр (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі)

**Мета пошуку інформації** – визначення патентної ситуації щодо холодильних циліндрів (визначення патентноспроможності проєктованого пристрою і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

**Визначення держав пошуку.** Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Канада, Швейцарія

**Ретроспективність.** Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009-2019

**Класифікаційні індекси.** Міжнародна патентна класифікація: Int/ Cl. 6 : D21F5/00; D21F5/10; F26B13/18; F26B13/20; F28F5/02.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 676.03

**Джерела інформації.** 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту і Роспатенту, 2) Науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу проектування картоноробних та папероробних машин.

Початок пошуку 07.04.2019 Закінчення пошуку 17.04.2019

					ЛБ51.705441.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛБ51.09.ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛБ51.705441.000.

07.02.2019

(номер, дата)

Етап Проектування пристрою та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ51.07.04.2019.

Номер, дата регламенту пошуку ЛБ51.09РП, 17.04.2019.

Початок пошуку 07.04.2019 Закінчення пошуку 17.04.2019.

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси Int. Cl. 6	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Холодильний циліндр	Визначення патентно-здатності проєктованого пристрою й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина, Франція, Швейцарія, Канада.	D21F5/00; D21F5/00; D21F5/10; F26B13/18; F28F5/02; F26B13/20; F26B13/16;  УДК 676.03	1999 - 2019	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей; «Бумагоделательные и отделочные машины», изд. 3-е, испр. и доп. Эйшлин И. Я.; «Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т.2. Бумагоделательные машины» В. А. Чичаев; научно-исследовательские статьи фирмы «VOITH».

					ЛБ51.705441.001 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.2 - джерела інформації. Використані під час проведення

пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Холодильний циліндр	Україна, РФ, Велика Британія, Німеччина Франція, Японія, Швейцарія, Канада	D21F5/00; D21F5/00; D21F5/10; F26B13/18; F28F5/02; F26B13/20; F26B13/16;  УДК 676.03	Фонд НТУУ "КПІ" Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті <a href="http://ep.espacenet.com/">http://ep.espacenet.com/</a> <a href="http://Patents1.ic.gc.ca/intr-o-e.html">http://Patents1.ic.gc.ca/intr-o-e.html</a> <a href="http://www.depatisnet.de/">http://www.depatisnet.de/</a> <a href="http://www.swissreg.ch">http://www.swissreg.ch</a>	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2180000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения", "Изобретения", "Полезные модели", "Изобретения за рубежом", "Изобретения стран мира".	«Бумагоделательные и отделочные машины», изд. 3-е, испр. и доп. Эйдлин И. Я.; «Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т.2. Бумагоделательные машины» В. А. Чичаев; научно-дослідні статті фірми «VOITH».

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Холодильний циліндр	129585 (UA). МПК7 D21F1/60. Циліндр холодильний/ В. М. Марчевський(UA), Р. А. Нечипоренко(UA). Заявка 12.03.2018. Опубл. 12.11.2018, Бюл.№21	Діє
Холодильний циліндр	124512 (UA). МПК6 F01P 1/02. Циліндр холодильний/ О. А. Новохат, А. Р. Олійник– Заявка 16.11.2017. Опубл. 10.04.2018, Бюл.№7	Діє
Сушильний циліндр	54774 (UA). МПК7 D21F5/00. Сушильний циліндр папероробної машини/ А.Ф. Кондаков – Заявка 27.03.2007. Опубл. 25.11.2008, Бюл.№3	Діє
Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні	60155 (UA), МПК (2011.01) D21F 5/00, B21F 5/00. Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні/ В. В. Петров, І. І. Ігорівна – Заявка 30.11.2010. Опубл. 10.06.2011 Бюл. №11	Діє
Сушильний циліндр	4184268 (US). МПК7 D21F5/10. Dryer Drum for a papermaking machine/ A.C. Ravensburg - Appl. 09.01.2007. Publ. 12.03.2009	Діє

Таблиця А.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Холодильний циліндр	«Бумагоделательные и отделочные машины», изд. 3-е, испр. и доп. Эйлин И. Я.;	М.: Лесная промышленность, 1970. – 623 с.
Холодильний циліндр	«Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Т.2. Бумагоделательные машины» В. А. Чичаев;	М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.

У результаті проведення патентних досліджень встановлено:

1) Розроблена конструкція та її складові частини відповідають умовам патентоспроможності винаходу (корисної моделі).

2) Останнім часом винахідницька активність промислово розвинутих країн у галузі теплообміну залишається стабільною. Провідними державами у цій галузі є США, Фінляндія, Німеччина.

3) Аналіз патентів дозволяє зробити висновок, що основними напрямками по вдосконаленню конструкцій холодильних циліндрів є покращення процесу теплообміну шляхом підвищення теплопровідності стінки циліндра.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80



## Додаток Б

### Програмний розрахунок сил, що діють на циліндр холодильний

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку сил, що діють на циліндр холодильний



Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку сил, що діють на циліндр холодильний

# Програма розрахунку сил, що діють на циліндр холодильний

$S := 2,5 \cdot 10^3$	$R1 := 0,75$	$D := 1,5$
$Rob := 7000$	$R2 := 0,72$	
$Roc := 7000$	$lc := 1$	
$dc := 0,32$		
$g := 9,81$	$del2 := 0,05$	
$A := 4,5$	$Rov := 1000$	+
$Gc := \frac{3,14 \cdot dc^2}{4} \cdot lc \cdot Roc \cdot g = 5519,9693$		
$Go := 3,14 \cdot (R1^2 - R2^2) \cdot Rob \cdot g \cdot A = 42790,5431$		
$G := 2 \cdot Gc + Go = 53830,4817$		
$qc := \frac{G}{A} = 11962,3293$		
$qn := 2 \cdot S = 5000$		
$qk := 3,14 \cdot (D - 2 \cdot del2) \cdot del2 \cdot Rov \cdot g = 2156,238$		
$q := qc + qn + qk = 19118,5673$		
$R := \frac{q \cdot A}{2} = 43016,7763$		

Ідентифікатори роз'яснені в таблиці Б.1

Таблиця Б.1 перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифі- катор	Розмірність
1	2	3	4
Діаметр холодильного циліндра	$D$	D	м
Висота шару води	$\delta_2$	del2	м
Густина матеріала цапфи	$\rho_{\text{ц}}$	Roc	кг/м <sup>3</sup>
Густина матеріалу оболонки	$\rho_o$	Rob	кг/м <sup>3</sup>
Довжина цапфи	$l_{\text{ц}}$	lc	м
Зовнішній радіус циліндра	$R_1$	R1	м
Внутрішній радіус циліндра	$R_2$	R2	м
Діаметр цапфи	$d_{\text{ц}}$	dc	м
Натяг сітки	$S$	S	Н/м
Прискорення вільного падіння	$g$	g	м/с <sup>2</sup>
Густина води	$\rho$	Rov	кг/м <sup>3</sup>
Довжина корпусу циліндра	$L$	A	м

Результати розрахунку за програмою розрахунку сил, що діють на циліндр холодильний приведені в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – результати розрахунку

Найменування величини	Позначення	Числове значення	Розмірність
1	2	3	4
Сила тяжіння цапф	$G_{\text{ц}}$	5519	Н
Сила тяжіння оболонки	$G_o$	42790	Н
Загальна сила тяжіння	$G$	53830	Н
Питоме навантаження від сили тяжіння циліндра	$q_{\text{ц}}$	11962	Н/м
Питоме навантаження від натягу сукна	$q_n$	5000	Н/м
Питоме навантаження від сили тяжіння води	$q_{\text{к}}$	2156	Н/м
Сумарне питоме навантаження, розподілене по довжині бочки циліндра	$q$	19118	Н/м
Реакція в опорах	$R$	43016	Н

**Додаток В**  
**Патенти, які використані в патентному дослідженні**

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Г

### Публікації автора

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв **Коваленка Сергія Павловича**.

1) Коваленко С.П. Модернізація холодильного циліндра . Коваленко С.П., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 103 с

2) Коваленко С.П. Модернізація холодильної частини КРМ і ПРМ Коваленко С.П., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 – 105 с

3) Патент № 133228 України. МПК (2019.01) F01P 3/04, D21D 1/00. Циліндр холодильний/ Марчевський В.М., Коваленко С.П.; заявники Коваленко С.П., Марчевський В.М.; № у 2018 10834; заявл. 01.11.2018; опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.

					ЛБ51.70544.1.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		